

Marja Halttunen ja Jussi Kuusisto

Puurakenteiden tilkemateriaalit

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Kulttuurialan yksikkö

Konservoinnin koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Kulttuurialan yksikkö

Koulutusohjelma: Konservoinnin koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennuskonservointi

Tekijät: Marja Halttunen ja Jussi Kuusisto

Työn nimi: Puurakenteiden tilkemateriaalit

Ohjaaja: Janne Jokelainen

Vuosi: 2011 Sivumäärä: 69 Liitteiden lukumäärä: -

Opinnäytetyö sisältää kirjallisuuskatsauksen ja esiselvityksen tilketutkimukseen valitusta viidestä materiaalista. Selvitettävät materiaalit ovat sammal, pellava, mineraalivilla, polypropeeni ja puukuitueriste.

Materiaaleista pyritään selvittämään niiden yhteisiä ja eroavia fyysisiä ja teknisiä ominaisuuksia. Työssä kuvataan kunkin materiaalin käytön ja hankinnan historiaa sekä käytön nykytilaa Suomessa.

Työssä luodaan katsaus materiaalien ominaisuuksien arvioinnin avulla tulevaisuuden rakentamisen haasteisiin, jotka liittyvät globaaleihin ongelmiin, kuten ilmastonmuutoksen torjuntaan ja yleisesti kestävä ja eettisen rakentamisen toteutumiseen.

Avainsanat: sammal, pellava, mineraalivilla, polypropeeni, puukuitu ja tilke

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Culture and Design

Degree programme: Conservation

Specialisation: Building Conservation

Author/s: Marja Halttunen and Jussi Kuusisto

Title of thesis: The chinking materials of the log constructions

Supervisor(s): Janne Jokelainen

Year: 2011 Number of pages: 69 Number of appendices: -

This thesis contains a literature research of five chosen chinking materials. The materials are moss, flax, mineral wool, polypropylene and wood fibre insulation.

The aim of this study is to find information about the materials involved with the help of the literature. The differences and similarities connected to the physical and mechanical properties of these materials are determined. The history of the application and the purchasing of materials are studied as well as the present state of use.

There are many challenges ahead when dealing with the building, renovation and restoration of the houses. All these challenges and problems are linked and depended on more or less global problems like climate changing. The properties of investigated materials are evaluated on the basis of sustainable development.

Keywords: moss, flax, mineral wool, polypropylene, wood fibre insulation

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
1 JOHDANTO	8
2 SAMMAL.....	10
2.1 Kirjallisuudessa mainittujen sammallajien kasvutapa ja luokitus.....	10
2.2 Sammaleen käytön historia Suomessa.....	15
2.2.1 Käyttö rakentamisessa.....	16
2.2.2 Keruu	18
2.2.3 Lajikohtainen käyttötietous.....	19
2.2.4 Hirsikehikon sammaltaminen ja tilkintätyö.....	21
2.3 Sammaleen ominaisuuksista	22
3 PELLAVA.....	24
3.1 Pellavan kuvaus.....	24
3.2 Pellavan jalostus, perinteinen tuotantoketju	25
3.2.1 Kylvö	25
3.2.2 Nyhtö.....	26
3.2.3 Rohkiminen	27
3.2.4 Liotus	28
3.2.5 Kuivaus	29
3.2.6 Pellavakuidun mekaaninen muokkaus eli loukutusta, lihtaus, häkilöinti ja harjaus	30
3.3 Pellavan jalostus, eristekuidun tuotantoketju	31
3.4 Pellavan jalostuksen historia.....	32
3.5 Nykytilanne Suomessa.....	35
3.6 Pellavan ominaisuudet.....	37
4 MINERAALIVILLA.....	39
4.1 Mineraalivillan kuvaus	39
4.2 Mineraalivillan valmistus ja käytön historia.....	40

4.2.1 Lasivilla	40
4.2.2 Kivivilla	44
4.3 Mineraalivillojen valmistuksen ja käytön nykytila	48
4.4 Mineraalivillan ominaisuudet	49
5 POLYPROPEENIKUITU SAUMANAUHA	52
5.1 Polypropeenikuidun valmistus ja rakenne	52
5.2 Polypropeenin historia	52
5.3 Polypropeenikuidun ominaisuudet ja käyttö rakentamisessa	53
6 PUUKUITUERISTE	55
6.1 Puukuitueristeen kuvaus	55
6.2 Puukuitueristeen valmistuksen historia ja tietous	55
6.3 Puukuitueristeen ominaisuudet	56
7 ELINKAARIANALYYSI	58
LÄHTEET	61

Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Korpikarhunsammaleen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)	12
Kuvio 2. Seinäsammalen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)	13
Kuvio 3. Metsäkerrossammalen kasvutapa ja luokittelu. (Pinkka 2004.)	14
Kuvio 4. Isonäkinsammalen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)	15
Kuvio 5. Pellavakuidun rakenne (Vanhatalo 2011).	25
Kuvio 6. Pellavaa sormauksilla (Virtuaalikylä)	27
Kuvio 7. Pellavan perinteinen tuotantoketju ja dry-line-menetelmän tuotantoketju (Kymäläinen 2003)	32
Kuvio 8. Rakennustarvikemainos vuodelta 1905 (Rakennustaito 1905).	35
Kuvio 9. Mainos Rakennustaitolehdestä vuonna 1953 (Rakennustaito 8, 1953). ..	42
Kuvio 10. Lasivillan tuotantokaavio (Murphy & Norton 2008)	43
Kuvio 11. Näin vuorivanua mainostetaan Rakennustaitolehdestä vuonna 1953 (Rakennustaito 9, 1953)	45
Kuvio 12. Mainos Rakennustaitolehdestä vuonna 1953 (Rakennustaito 7, 1953). ..	46
Kuvio 13. Kivivillan tuotantokaavio (Murphy & Norton 2008).	48
Kuvio 14. Propeenin reaktio polypropeeniksi (Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2010)	52

Kuvio 15. NykYTEknologian mahdollisuudet kuitu- ja öljypellavan teolliseksi hyödyntämiseksi hyödyntämällä kasvien eri fraktiot (Koivula & Vilppunen 2003). 58

Taulukko 1. Polypropeenin ominaisuuksia (Koleva)..... 54

1 JOHDANTO

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Konservoinnin koulutusohjelmassa tehdään vuosina 2010 – 2011 tutkimustyö nimeltä Tilketutkimus. Tutkimusta rahoittavat Opetusministeriö ja SeAMK, ja tutkimuksen vastuuhenkilönä on yliopettaja Janne Jokelainen. Tutkimus koostuu tilkemateriaalien kuvauksesta, teknisten ominaisuuksien määrittämisestä ja käytettävyyden arvioinnista. Tutkimus julkaistaan vuoden 2011 aikana. Osana Tilketutkimusta on kaksi opinnäytetyötä, joiden tekijöinä ovat Marja Halttunen ja Jussi Kuusisto. Heidän opinnäytetyönsä koostuu tästä raportista ja osallistumisesta Tilketutkimuksen laboratoriotutkimuksiin. Tämän raportin tekstejä käytetään pohjana Tilketutkimuksen materiaalikuvauksissa. Tilketutkimuksesta tehtävän julkaisun tekijöinä ovat Jokelainen Janne – Halttunen Marja – Kuusisto Jussi. Tämä raportti esittelee Tilketutkimuksessa mukana olevien tilkemateriaalien historiaa, käyttöä, hankintaa ja teknisiä ominaisuuksia kirjallisuuden pohjalta. Luvut, joissa käsitellään pellavaa, mineraalivillaa ja puukuitua ovat Marja Halttusen kirjoittamia ja luvut, joissa käsitellään sammalta ja polypropeenaa ovat Jussi Kuusiston kirjoittamia. Raportin lopussa oleva luku Elinkaariarviointi on Marja Halttusen kirjoittama.

Sammal on perinteinen, vuosituhansia käytetty rakennusmateriaali. Työssä pyritään valoittamaan sen käytön historiaa ja oleellista merkitystä lamasalvostekniikalla pystytettyjen, lämpimänä pidettävien, hirsirakennusten kehittämisessä. Halutaan selvittää mitä sammallajeja rakentamisessa on käytetty ja mitkä ovat niiden eroavaisuudet käytön ja käyttökohteiden kannalta. Tietoa sammaleen rakennusteknisistä ominaisuuksista etsitään kirjallisuudesta. Lisäksi pyritään vastaamaan siihen miksi sammaleen käytöstä on nykyisin lähes täysin luovuttu. Aihetta lähestytään yhdistelemällä tietoa kasvitieteellisistä teoksista, vanhoista rakennusoppaista ja kansantieteellisistä kuvauksista.

Pellava on tuhansia vuosia vanha viljelty kulttuurikasvi. Lähteiden mukaan suomalaisessa hirsirakentamisessa pellavaa on ryhdytty käyttämään rakennusten tilkkeenä 1850-luvun jälkeen. Pellavakasvista pystytään hyödyntämään koko kasvi. Öljypitoiset siemenet käytetään ruokatalouteen tai eläinten rehuksi, aivina- ja rohdinkuitu tekstiilituotteisiin ja pellavan huonoin kuituosa, tappura, tilkkeeksi.

Kasvin puumainen osa, päistäre, on käytetty esim. eläinten kuivikkeeksi. Työssä selvitetään pellavakasvin rakennetta ja kuidun ominaisuuksia ja käytön historiaa. Lisäksi tarkastellaan pellavan jalostusketjun historiaa ja nykypäivää sekä koko pellavaelinkeino nykutilaa Suomessa. Pellavasta on saatavissa runsaasti tietoa sen eristekäytöstä ja siihen liittyvästä tutkimuksesta.

Nykyeristämisen markkinajohtaja mineraalivilla esitellään valmistusmateriaaliensa mukaan. Lasivilla on nykyisin valmistettu 80%:isesti kierrätyslasista, ja kivivilla valmistetaan vulkaanisesta diabaasikivestä. Työssä esitellään mineraalivillojen yleiset ominaisuudet ja käytön historia sekä nykyisiä käyttökohteita. Työssä pyritään arvioimaan mineraalivillaa muun muassa elinkaarianalyysin pohjalta.

Polypropeenista selvitetään materiaalin kemiallinen koostumus ja valmistustapa. Etsitään tietoa polypropeenisaumanauhan käyttökohteista ja sen käytön laajuudesta puurakentamisessa. Tutustutaan aiheesta jo tehtyihin tutkimuksiin ja niissä esitettyihin tuloksiin. Koska polypropeenin käyttöhistoria tilkkeenä on lyhyt, on siitä saatavilla verrattain vähän tietoa. Työssä materiaalin esittely painottuu teknisien ominaisuuksien määrittämiseen, jolla pyritään osoittamaan sen mahdolliset heikkoudet ja vahvuudet.

Puukuitueriste on suomalaisen tuotekehittelyn tulos ja uusimpia Suomessa käytettäviä tilkemateriaaleja. Lähdemateriaali on lähes pelkästään valmistajalta peräisin. Eristeestä selvitetään raaka-aineet ja sen ominaisuudet. Puukuitueristettä pyritään arvioimaan mm. kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

2 SAMMAL

2.1 Kirjallisuudessa mainittujen sammallajien kasvutapa ja luokitus

Sammalet (*Bryobionta*) ovat itiöillä lisääntyviä, juurettomia, sekovarrellisia tai lehdellisiä melko pieniä kasveja. Käsitys sammalten luokittelusta elää systematiikan tutkimuksen mukaan, mutta riippumatta luokittelutasosta (luokka, alakaari, kaari jne.) sammalia on joka tapauksessa kolme erillistä pääryhmää, joita tässä käsitellään kaarina: sarvisammalet (kaari *Anthoceroephyta*), maksasammalet (kaari *Marchantiophyta*) ja lehtisammalet (kaari *Bryophyta*). Kaikkia sammalryhmiä yhdistää sukupolvenvuorottelu, jossa itiöpolvi (sporofyytti) on suhteellisen lyhytikäinen ja riippuvainen vihreästä, yhteyttävästä sammalkasvista eli suvullisesta polvesta (gametofyytti). Sammalten on tulkittu olleen ensimmäisiä edelleen olemassa olevia varsinaisia maakasveja. Sammalia on yhteensä n. 15 000 - 20 000 lajia, joista lehtisammalia on n. 10 000 - 14 000 lajia, maksasammalia n. 6 000 - 8 000 lajia ja sarvisammalia n. 200 lajia. Suomessa on 661 lehtisammallajia, 219 maksasammallajia ja 2 sarvisammallajia. Edellä esitettyjen kaarien lisäksi sammaleet jaetaan lukuisiin luokkiin, alaluokkiin, lahkoihin, heimoihin, sukuihin ja lopulta yksittäisiin lajeihin. Tässä esitetty luokittelu vastaa tuoreinta luokittelukäsitystä. (Shaw, A. J. & Goffinet, B. 2000; Pinkka 2004.)

Kaikki Suomessa rakentamisessa käytetyt kirjallisuudessa mainitut sammalet kuuluvat lehtisammalten (kaari *Bryophyta*) kaareen. Kyseisiä lajilta mainittuja sammaleita kuluu rahkasammalten (luokka *Sphagnopsida*), karhunsammalten (luokka *Polytrichopsida*) ja aitosammalten (luokka *Bryopsida*) luokkiin (*classis*). Lisäksi lehtisammaliin kuuluu vielä neljäs luokka, karstasammalet (luokka *Andreaeopsida*), joihin kuuluvia sammaleita ei läpikäydyssä kirjallisuudessa mainittu lajilta. Mahdollista kuitenkin on, että tämänkin luokan edustajia on rakentamiseen kerätty.

Yhteisiä piirteitä lehtisammalille on niiden verson erilaistuneisuus varreksi ja lehdiksi. Lehdissä on usein keskisuoni toisin kuin maksasammalilla, joiden lehti on aina keskisuoneton. Lehtisammalilla voi olla varressaan tai lehdissään juurtumahapsia, joiden rakenne on erilainen kuin maksasammalilla: ne ovat

haaraisia ja monisoluisia. Itiöpolvi, johon kuuluu pesäkeperä ja itiöpesäke, syntyy joko päähaaran kärkeen (pesäkekärkiset sammalet) tai sivuhaaralle (pesäkekylliset sammalet). Itiöpolvi on pitkäikäinen ja hitaasti kehittyvä.

Rakentamisessa yleisimmin käytettyjä sammalia lienevät rahkasammalet (suku *Sphagnum*), seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) ja korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*). Lisäksi mainitaan käytetyn metsäkerrossammalta (*Hylocomium splendens*), eräitä kivien päällä kasvavia sammallajeja sekä näkinsammalta (suku *Fontinalis*). Rakennussammaleiksi näyttää valikoituneen runsaasti esiintyviä ja kooltaan suhteellisen kookkaita sammalia, jotka usein kasvavat laajoina yhtenäisinä kasvustoina.

Suomesssa tavataan 42 eri rahkasammallajia, joilla kaikilla on samanlainen perusrakenne. Rahkasammalille on ominaista varresta lähtevät haarakimput sekä lehtien "kuollut" rahkasolukko, jonka lomassa viherhiukkaselliset solut sijaitsevat verkkomaisesti. Itiöpesäke on kannellinen ja hampaaton. Kypsyessään sen keskiosa kaventuu ja pesäke avautuu ilmanpaineen avulla. Rahkasammalia kasvaa yleisesti koko maassa ja niitä esiintyy pääasiassa soilla. Noin viidesosa rahkasammallajeista on Suomessa harvinaisia tai silmälläpidettäviä ja kaksi lajia on uhanalaisia. Rahkasammalten peittävyys on vähentynyt selvästi 1950-luvulta lähtien muun muassa soiden ojitusten seurauksena. Rahkasammalilla on tehokas kyky imeä ja varastoida vettä rahkasoluihinsa. Ne pystyvät imemään n. 20-25 kertaa kuivapainonsa verran vettä. Rahkasammalilla on suuri merkitys soiden turpeenmuodostukselle. Ne kasvavat jatkuvasti pituutta, mutta version alaosat kuolevat ja muuttuvat happamaksi turpeeksi. Rahkasammalet leviävät sekä itiöiden avulla että kasvullisesti. (Hotanen 2000, 266–267; Rikkinen 2008, 82, 74, 94.)

Karhunsammalet (luokka *Polytrichopsida*) ovat tummanvihreitä sammalia, joiden muoto muistuttaa minikokoista männyn tai kuusen tainta. Karhunsammalet kuuluvat kahteen eri sukuun: vuorikarhunsammaliin (suku *Polytrichastrum*) ja korpikarhunsammaliin (suku *Polytrichum*). Jälkimmäisen suvun yleisintä ja kookkainta edustajaa kutsutaan Suomessa myös korpikarhusammaleeksi tai korvenkarhusammaleeksi (*Polytrichum commune*) (KUVIO 1). Korpikarhunsammal kasvaa yleisenä koko Suomessa laajoja peitteitä ja mättäitä muodostaen. Se

viihtyy kosteilla happamilla alustoilla suoperäisissä kangasmetsissä, kuusikorvissa ja soilla. Korpikarhunsammal voi kasvaa jopa 40 cm pitkäksi. Haarattomista, pystyistä versoista harittaa suoraan sivuille 1 cm:n pituisia kapeita neulasmaisia lehtiä. Kuivina hammaslaitaiset lehdet asettuvat varrenmyötäisiksi. Punertava pesäkeperä on 6–12 cm pitkä ja usein itiöpesäkkeellinen. Varren kärkeen kehittyy nelisärmäinen itiöpesäke, joka kääntyy itiöiden valmistuessa vaakasuoraksi. (Ulvinen, Syrjänen & Anttila 2002, 250, 329; Rikkinen 2008, 82; Ulvinen & Syrjänen 2009, 326; Pinkka 2004.)



Kunta: Plantae (Kasvit)

Kaari: Bryophyta

Luokka: Polytrichopsida

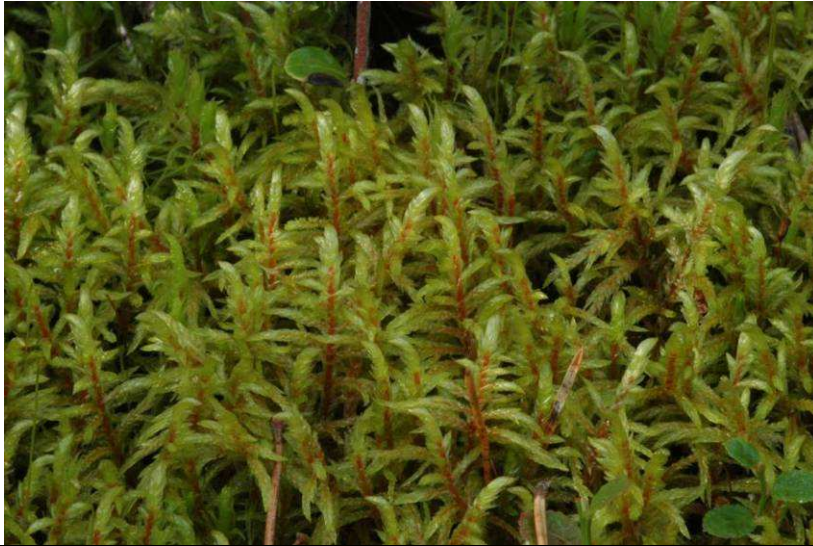
Lahko: Polytrichales

Heimo: Polytrichaceae

Suku: *Polytrichum* (Karhunsammalet)

Laji: *Polytrichum commune* (Korpikarhunsammal)

Kuvio 1. Korpikarhunsammaleen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)



Kunta: Plantae (Kasvit)

Kaari: Bryophyta

Luokka: Bryopsida

Alaluokka: Bryidae

Lahko: Hypnales

Heimo: Hylocomiaceae

Suku: Pleurozium

Laji: Pleurozium schreberi (Seinäsammas)

Kuvio 2. Seinäsammalen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)

Suomen yleisin sammal metsäkerrossammalen (*Hylocomium splendens*) ohella on seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) (KUVIO 2). Seinäsammal on sukunsa (suku *Pleuzorium*) ainoa edustaja. Sitä esiintyy koko maassa, ja se viihtyy suhteellisen happamilla ja kuivahkoilla kankailla. Seinäsammalta kasvaa yleisesti myös rämeillä, kallioilla ja kivien päällä. Seinäsammalta tavataan eri-ikäisistä metsistä, mutta parhaiten se menestyy varttuneiden metsien valoisissa aukkopaidoissa. Se valtaa usein metsän pohjakerroksen tukahduttaen muun muassa jäkäliä. Seinäsammal on suhteellisen isokokoinen (12 cm pitkä). Sillä on punertava varsi, josta haarautuu sulkamaisesti sivuversoja. Melko limittäiset lehdet ovat alle millimetrin pituisia, suoria ja tylppiä. Seinäsammalen esiintymisessä viimeisten 60 vuoden aikana ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Etelä-Suomen turvemailla se on jopa runsastunut ojitusten myötä. (Hotanen 2000, 248-253; Ulvinen, Syrjänen & Anttila 2002, 354; Pinkka 2004.)



Kunta: Plantae (Kasvit)
 Kaari: Bryophyta
 Luokka: Bryopsida
 Lahko: Hypnales (Palmikkosammalet)
 Heimo: Hylocomiaceae (Kerrossammalet)
 Suku: Hylocomium
 Laji: Hylocomium splendens (Metsäkerrossammal)
 Kuvio 3. Metsäkerrossammalen kasvutapa ja luokittelu. (Pinkka 2004.)

Metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*) (KUVIO 3) on yleinen koko maassa. Sitä kasvaa runsaimmin kuusivaltaisilla tuoreilla kankailla, mutta myös kuivahkoilla kankailla, lehtomaisissa metsissä ja rämeillä. Se viihtyy parhaiten varjoisilla paikoilla. Runsaimpana se esiintyy Kainuussa ja Koillismaalla yli 100-vuotiaissa metsissä. Se muodostaa tavallisesti seinäsammaleen kanssa koko metsänpohjan peittävän yhtenäisen maton. Metsäkerrossammal on isokokoinen (< 20 cm), kellanruskea tai vihreä sammal, jonka varsi on punainen, suikertava, 2-3 kertaan haaroittuva. Sen kasvu on selvästi kerroksellista. Vihreitä vuosikasvuja on yleensä 3-4 kpl, ja tyviosat ovat ruskettuneita. Varsilla on lukuisia pieniä lehtimäisiä rakenteita. Varsilehdet ovat lyhyitä ja leveitä (n. 2 mm pitkiä ja 1,5 mm leveitä). Lehden yläosa kapenee äkillisesti pitkäksi, kapeaksi ja mutkaiseksi kärjeksi. Haaralehdet ovat pienempiä (n. 1 mm). Kerrossammal on selvästi taantunut viimeisten 50 vuoden kuluessa suuressa osassa Suomea. (Hotanen 2000, 248-253; Ulvinen, Syrjänen & Anttila 2002, 354; Pinkka 2004.)



Kunta: Plantae (Kasvit)
 Kaari: Bryophyta
 Luokka: Bryopsida
 Lahko: Hypnales (Palmikkosammalet)
 Heimo: Fontinalaceae (Näkinsammalet)
 Suku: *Fontinalis*
 Laji: *Fontinalis antipyretica* (Isonäkinsammal)
 Kuvio 4. Isonäkinsammalen kasvutapa ja luokitus. (Pinkka 2004.)

Isonäkinsammal (*Fontinalis antipyretica*) (KUVIO 4) on isokokoinen vesistöissä upoksissa tai vesirajassa elävä sammal. Se kasvaa usein kiinnittyneenä kiviin. Sammal muodostaa runsashaaraisia kasvustoja, ja sen versot kasvavat jopa metrin mittaisiksi. Sitä tavataan yleisesti koko Suomessa. Varsi on musta ja lehdet tummanruskeat. Isonäkinsammalen lehdet ovat kolmessa rivissä, suikeat ja selvästi veneen malliset. Se muodostaa joskus itiöpesäkkeitä, mutta yleensä lisääntyy suvuttomasti. (Ulvinen, Syrjänen & Anttila 2002, 219; Pinkka 2004; Rikkinen 2008, 128,129.)

2.2 Sammaleen käytön historia Suomessa

Sammal oli käytetyin eristemateriaali ennen 1930-lukua. Sammalta käytettiin sekä täytepohjien lämmöneristeenä että liitosten tiivistämisessä. Sammal on, maanainesten saven ja kunnan ohella, vanhin hirsien välissä käytetty tiivistemateriaali ja jo varhain tärkeä rakenneosia lämpimissä lamasalvostekniikalla pystytetyissä *pirtti-*

rakennuksissa. Kielitieteilijä Valosen (1977, 9-11; 1984, 153-155) mukaan pirtti-sana on alun perin tarkoittanut hirsistä salvottua ja sammaleilla tiivistettyä kiukaallista rakennusta, asuntoa tai saunaa. Pirtti asumusmuotona ja sanana omaksuttiin slaaveilta myöhäisrautakaudella. (Valonen 1977, 9-11; Valonen 1984, 153–155; Heikkinen 2009; Vuolle-Apiala 2010, 35-36.)

2.2.1 Käyttö rakentamisessa

Sammaleen avulla seinistä saatiin tarpeeksi tiiviit ja asumuksesta riittävän lämmin. Sammal on mahdollistanut, ehkäpä työkalujen alkeellisuudesta tai salvojan vähäisestä kokemuksesta johtuneiden, suurehkojenkin virheiden ja välysten täyttämisen salvuutyössä. Sisäänlämpiävässä pirtissä hirsiseinien ja yläpohjan tiiviys ja eristävyys vaikuttavat suurelta lämmitystehoon ja savunjohtumiseen. Lämpötilaero ulko- ja sisätilan välillä on oleellista savun kulkeutumisen kannalta. (Paulaharju 1921, 62; Jokelainen 2005, 42; Edblom 2004, 190 – 193, Vuorisen 2009, 137 mukaan.) Hirsikehän tiivistämisen lisäksi sammalta on ainakin jo myöhäisrautakaudelta asti käytetty yläpohja- ja multaispenkkirakenteiden tiivistämiseen ja lämmöneristeeksi. Myös perustuskivien välejä ja esimerkiksi lattialautojen rakoja on voitu tilkitä sammaleella. Sammalta on käytetty muun muassa salaojien täyteenä 1600-luvulta lähtien ja sidoskuituna savirappauslaastissa muiden materiaalien tavoin. (Ranki, T. 2007, 13; Ihatsu 2005, 4, 10; Virrankoski 1959, Kykyri 1995, 93, Seppänen 1999, Hiekkänen 2001, 630, Kykyri & Seppänen 2003, 109 – 110, Vuorisen 2009, 141, 43, 112, 131, mukaan.)

Kuidun käsittelyn tehostumisen myötä 1800-luvun puolivälin jälkeen oli sammaltilkkeelle olemassa jo vaihtoehto: rohtimien ja tappuroiden käyttö yleistyi vähitellen tilkinnässä. Nämä uudet tilkemateriaalit olivat arvokkaita, eikä köyhemmällä väellä vielä 1900-luvunkaan alussa ollut varaa hankkia niitä. Sammal säilyikin pitkään yleisimpänä tilkemateriaalina. Uusia tilkkeitä käytettiin vähitellen vanhan sammaltilkkeen ohella. Varsinkin alkutilkinnässä, jossa tilkkeen menekki on suuri, sammalta käytettiin sen halvan hinnan ja laajan saatavuuden vuoksi, vaikka väli- ja jälkitilkintä saatettiin suorittaa uudemmilla tilkemateriaaleilla. Useampien

tilkemateriaalin käyttö varauksessa ei ollut harvinaista. Jokelaisen 2000-luvulla tutkimissa VR:n asemarakennuksissa havaittiin selvä siirtyminen sammaleen ja eläinkarvojen käytöstä tappuroihin ja rohtimiin 1900-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana. (Asp 1903, 8; Paulaharju 1906, 30; Roininen 1957, 179; Jokelainen 2005, 114-115; Sulonen 2009; Heikkinen 2009.) Vuoden 1916 Rakennustaito-lehdessä kehoitettiin asuinrakennusten tilkinnässä sammaleen sijasta käyttämään naudankarvoja tai tappuroita. Lääninarkkitehti Aminoff (1916, 154) väitti kuivanakin käytetyn sammaleen olevan riski, sen välittäessä kosteutta ilmasta hirteen.

Suomessa perinteisesti ylä- ja alapohjat on eristetty etupäässä sammaleella tai sammal-turvepehkulla, sammalsuolta nostetulla maa-aineksella. Täytteenä käytetylle turvepehkulle on vanhemmissa rakennusoppaissa annettu lämmönläpäisevyyskerroin 0,07 W/m²K (Jokelainen, 2005, 98). 1900-luvun alussa sahateollisuuden kehittymisen myötä sahanpuru ja kutterinlastu otettiin käyttöön. Näitäkin käyttivät aluksi vain varakkaimmat. Esimerkiksi Valtionrautateiden asemarakennuksien yläpohjien eristämisessä sammal-turvepehkusta siirryttiin sahanpuru-kutterinlastusekoituksen käyttöön vasta 1920-luvulla. Sammaltäytteen käyttö eristeenä jatkui varsin pitkään, uusien kaupallisten eristemateriaalienkin tultua markkinoille, varsinkin syrjäisemmillä metsäseuduilla. Jälleenrakentamiskauden pientaloissa sammal on tavallinen ylä- ja alapohjan eriste, ja sitä on myös paikoin käytetty rankarakenteistenkin talojen seinissä. Myös yrityksiä jalostaa sammalta eristykseen soveltuviksi tuotteiksi oli. Ruotsissa patentoitiin 1920-luvun lopussa metalliverkkovahvisteinen rahkasammaleristelevy, joka oli vuorattu sidosaineena käytetyn asfaltin ja rahkasammaleen sekoituksella. (Paulaharju 1906, 56; Rakennustaito 1927, 207; Jokelainen 2005, 98; Heikkinen 2009; Vuorinen 2009, 137)

Hirsiset asuin- ja saunarakennukset tilkittiin aina. Näiden lisäksi on ulkorakennuksia tilkitty vaihtelevasti. Navettarakennusten tilkitseminen on koko maata ajatellen ollut yleisempää kuin tilkitsemättä jättäminen. Sekasontanavetattojen seiniä tiedetään useimmin jätetyn tilkitsemättä. Ax (1896, 90) on kirjannut Lopelta, että tilkityt navetat ”mätenevät ja ovat liian umpihenkisiä” ja että vain suurimmat raot tilkittiin sammaleella umpeen. Luontinavetat on

rakennettu sekasontanavetoita tiiviimmiksi, ja esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalla navetta varattiin ja sammallettiin yhtä tarkoin kuin asuinrakennukset. Navetan päätyseinä saattoi olla heikommin sammallettu kuin sivuseinät, ja toisinaan päätykolmio jätettiin kokonaan tilkitsemättä. Kauhavalta tiedetään kivien välejä sammaletun kivi- ja kivijalkanavetoista. Sammallus toistettiin joka syksy. Äärimmäisyytenä voidaan pitää kaksinkertaisia hirsiseiniä, joiden välissä on täytteenä käytetty sammalta. Myös aitat, ruokahuoneet ja kellarit olivat rakennuksia, joissa toisinaan saatettiin turvautua sammaltilkkeen käyttöön riittävän tiiviiden saavuttamiseksi. (Ax 1896, 90; Vilkuna 1960, 116, 131, 146-147.)

2.2.2 Keruu

Sammalten keruu oli yleensä lasten tai naisten työtä (Haanpää 1929, 140; Sulonen, 2009; Vuorinen 2009, 49; Korhonen & Martikainen 2009). Usein sammaleita kerättiin yksinkertaisesti käsin maasta repimällä. Huolellisesti sammalta kerättäessä tuli sammaleen juurtumahapsut riipiä pois. Sammaleen keruu käsin on aikaa vievää ja työlästä. Kookasta korpikarhunsammalta on ollut mahdollista niittää sirpein ja viikkattein mättäiltä. (Paulaharju 1906; Heikkinen 2009). Näin sammaleita kerättäessä välttyään mikrobeja sisältävän maa-aineksen noususta tilkemateriaaliin mukaan.

Rahkasammal on sammallajeista nopein kerättävä. Se kasvaa laajoina kasvustoina soilla ja on puhdasta karikkeesta. Rahkasammalta käytettiin rakentamisen lisäksi runsaasti moniin muihinkin tarkoituksiin, kuten eläinten kuivikkeiksi. Rahkasammal on suolta nostettaessa niin kosteaa, että se tulee valuttaa ja kuivata ennen käyttöä. Sammalta kuivattiin heinien tapaan karheissa (=kasoissa) ja kuljetettiin sitten rakennuspaikalle katoksen alle suojaan sateelta. Sammal saatettiin joskus kerätä jo edellisenä kesänä. Täytteeksi tulevien sammaleiden tuli aina olla täysin kuivia toisin kuin tilkkeeksi kerättävien seinä- ja karhunsammalten, joita ei ollut tarpeen erikseen kuivata, mikäli ne kerättiin poutasäällä. Paras aika kerätä tilkesammalta oli aikaisin keväällä tai myöhäiskesällä: tällöin sammaleet ovat sitkeimmillään. Vallitseva tapa pystyttää rakennus sulan maan aikana ei edellyttänyt tilkesammaleiden pidempiaikaista

varastointia. Heinäkuun tienoilla oli yleensä saatavilla tarpeeksi kuivia seinäsammalia, joita voitiin käyttää kuivaamatta suoraan tilkintään. (Paulaharju 1906, 22, 29, 56-57; Kaila 1997, 407; Sulonen 2009; Heikkinen 2009.)

2.2.3 Lajikohtainen käyttötietous

Periaatteessa kaikkia sammallajeja voidaan käyttää rakennusten eristämiseen ja tilkitsemiseen. Tunnetuin ja nykylähteiden suosittelema sammal hirsien välissä käytettäväksi on seinäsammal (*Pleurozium Schreberi*) (Kaila 1997, 407; Vuolle-Apiala 2010, 35-36; Sulonen 2009 vrt. Paulaharju 1906, 29, Ax 1896, 4). Tosin Sulosen (2009) mukaan vielä parempaa on seinäsammaleen (*Pleurozium Schreberi*) ja metsäkerrossammaleen (*Hylocomium splendens*) yhteenkasvanut sekoitus. Seinä- ja metsäkerrossammalet ovat riittävän sitkeitä ja pysyvät koossa kuivuttuaankin. Myös Ruotsissa tiedetään käytetyn metsäkerrossammalta (*Hylocomium splendens*) ja seinäsammalta hirsien välissä (Sjömar, 1988, 127, Jokelaisen 2010 mukaan; Stocholms läns museum, 2010). Näiden sammalien huonoksi puoleksi on mainittu niiden keruussa helposti mukana nouseva maa-aines, jonka välttäminen on tehnyt keruusta työläämpää (Paulaharju 1906, 29; Sulonen 2009). Maan päätyamisen hirren väliin epäiltiin aiheuttavan hirren ennen aikaista lahoamista. Lisäksi pelättiin mukana tulevan mauriaisia (*Lasius niger*) ja vielä luultiin: ”jot kangassammal siittää lutikkoi” (Paulaharju 1906, 29).

Paulaharju (1906, 29) on kirjannut Uudenkirkon seudulla käytetyn useita sammallajeja seinäsammaleen ohella. Sammallajien ominaisuudet ovat eronneet jonkin verran toisistaan. Sammallajin valintaan on sen rakenteen lisäksi luonnollisesti vaikuttanut kyseisen lajin saatavuus lopullisen rakennuspaikan lähiympäristössä ja se, kuinka joutuisaa kyseistä sammallajia oli kerätä. Myös maantieteellisesti eroavia tottumuksia on kirjattu. Ainakin vuosisadan vaihteen (1800-1900) tuntumassa itäisessä Suomessa kerrotaan käytetyn rakennusten sammaltamiseen runsaasti karhunsammalta (Ax 1896, 4; Paulaharju 1906, 29). Myös rahkasammalta käytettiin yleisesti, ja Ax (1896, 4) mainitsee sen käytön läntisessä Suomessa olleenkin karhunsammalta yleisempää. Karhunsammalista yleisin ja kookkain, karhujenkin (*Ursus arctos*) pesänsä eristämisessä ja

pehmustamisessa suosima korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*) lienee käytetyin. Paulaharjun (1906, 29) kirjaamien tietojen mukaan karhunsammaleella pyrittiin tilkitsemään ainakin seinien alaosia, jotka ovat alttiita roiskevedelle, vaikkakin yläosassa seinää olisi käytetty toista sammallajia. Karhunsammaleen vedenimukyky on pienempi verrattuna esimerkiksi rahkasammaleisiin. Karhunsammaleen huonoksi ominaisuuksiksi mainitaan ulkonäkö sen jättäessä seinän ”karvaiseksi” ja ”rumannäköiseksi”, varsinkin jos sammaleita ei jälkikäteen leikattu siisteiksi. Korpikarhunsammaleen pienet lehdet saattavat varista kuivuttuaan, mutta sen varret ovat erityisen sitkeitä. Osin korpikarhunsammalta on pidetty jopa liian järeänä tiivistämään varaus riittävän pitäväksi. (Paulaharju 1906, 29; Ax 1896, 4; Sulonen 2009; Ulvinen & Syrjänen, 2009.)

Rahkasammaleen suuren vedenimukyvyn mainitaan tekevän siitä huonosti seinäsammaleeksi soveltuvaa. Sen käyttö oli kuitenkin yleistä, mikä johtui ainakin osittain sen helposta saatavuudesta. Rahkasammal pystyy imemään 20-25 kertaa oman kuivapainonsa verran vettä. Rahkasammal myös haurastuu ja murenee muita sammaleita herkemmin kuivuttuaan ja karisee mahdollisesti aikain kuluessa pois varauksesta. Täytesammaleena ylä- ja alapohjissa rahkasammal yhdessä maa-ainesten kanssa olikin käytetyin sammallaji. Karhunsammalta mainitaan myös käytetyn täytteeksi, vaikkakaan sitä ei saatukaan asennettua yhtä tiukkaan kuin pehmeää rahkasammalta. Täytesammalten tuli olla kuivia. (Paulaharju 1906, 56-57; Siikonen 1951; Sulonen 2009)

Paulaharju (1906, 29-30) mainitsee myös vesistöistä kerättyä, pitkää ja sitkeää, kivien päällä kasvavaa ”vessammaliloi” käytetyn täppimiseen. Kuvaus pitkiä ”rihmavyhtejä” muodostavasta aquaattisesta sammallajista sopii palmikkosammalten lahkoon kuuluviin näkinsammaliin (suku *Fontinalis*), joista yleistä isonkinsammalta (*Fontinalis antipyretica*) tiedetään käytetyn myös palomuurin eristämiseen. Spesifiseen käyttötarkoitukseen viittaa myös karjalan kielen karasammal, jolla tarkoitetaan palmikkosammalien lahkoon (lahko *Hypnum*) kuuluvia sammallajeja. Pitkä sammalvyhti kerättiin joissa tai puroissa olevien kivien päältä ja huuhdeltiin hiekasta. Kiertämällä sammalvyhteä saatiin tilke, joka vastasi lähes ”pellavaspivoa”. Näkinsammaleen keruu oli maan pinnalla kasvavien sammaleiden keruuta vaivalloisempaa, ja sen asemesta mainitaan joskus käytetyn

savikuopista ja muista kosteista paikoista kerättyjä sammalia. (Paulaharju 1906, 29-30; Glime, J.M., 29; Suomen luontoyrittäjyysverkosto ry 2005; Karjalan kielen sanakirja 2009.) Myös korpimetsien kivien päällä kasvavaa ”kivisammalta” käytettiin ”ennen aikaan” tupien sammaltamiseen. Sen mainitaan olevan ”kangassammalta” pehmeämpää. Luonnollisesti näiden sammalien saatavuus oli monia muita sammallajeja rajoitetumpi. (Paulaharju 1906, 30.)

2.2.4 Hirsikehikon sammaltaminen ja tilkintätyö

Talvella valmiiksi veistetyt kehon lopulliselle paikalleen pystytystä kutsuttiin myös sammaltamiseksi. Rakentamisessa käytettyjen sammaleiden tuli olla puhtaita, hyönteisistä vapaita eikä niissä saanut olla mukana ”juurakkoa”, joka saattoi sisältää tuoreenkin puun lingiiniä tai selluloosaa ravintonaan käyttäviä lahottajasieniä. Toisaalta suosammaleiden kasvualaustojen on mainittu olevan erittäin happamia, mikä osaltaan estää haitallisten mikrobien kasvua niissä. Maanpäällinen, terve sammalkasvusto on usein luonnostaan lähes steriiliä. (Keinänen 1949, 11; Heikkinen 2009; Sulonen 2009.) Sammaleet asetettiin poikittain hirren selkään tasaiseksi ylläveäksi kerrokseksi ”niinkuin rukkasen kuivumaan”. Päälle asetettavasta hirrestä tuli lähteä pehmeä ääni. Jos ääni oli kolahtava, tuli sammalta lisätä. Päälimmäisen hirren varattu huuli painoi poikki suurimman osan ylimääräisistä sammaleista, kun hirsä vaarnattiin. Loput ulkopuolelle jääneistä sammalista voitiin leikata kirveellä tai puukolla tai vaihtoehtoisesti työntää hirsien väliin kehon noustessa. Tilkemenekkiin vaikuttaa varauksen malli ja se, kuinka täsmällisesti veistotyö on suoritettu. Salvokset ja mahdollisesti niiden sisäpuolelle veistetyt kolot (lämmänvara) täytettiin myös. Hirren halkeamat voitiin täyttää, etenkin jos seinät oli tarkoitus vuorata.

Huolellinen ja riittävän runsas sammaleiden asentaminen kehon pystytysvaiheessa vähensi välitilkinnässä suoritettavan työn määrää, ja joskus tämä työvaihe jätettiin kokonaan suorittamatta. Toisaalta taas liian paksun sammalkerroksen käyttäminen tuli välttää. Pitkänurkkaisissa rakennuksissa ei tilkettä tule asettaa nurkanpäihin, sillä se edistää lahoamista. Veistettäessä varausta lopetetaan se salvokseen ja nurkanpäiden pohjat jätetään tasaisiksi, millä

varmistetaan se, että ne eivät ala kantaa. Hirsiseinän tilkemenekiksi mainitaan 2-3,5 Kg/m² kohden. (Orola 1946, 134; Heikkinen 2009; Paulaharju 1906, 28; Roininen 1957, 56; Heikkinen 2009; Sulonen 2009; Jokelainen 2010b.)

Tilkintään käytettiin traditionaalisesti sammalta, joka rakennusvaiheessa oli hieman kosteaa. Kosteannihkeä sammal ei varissut, ja se oli mahdollista lyödä tiukempaan hirsien väliin (Kaila 1997, 407; Sulonen 2009; Högnäs 1994, 67 – 68, Junttila, Pasanen & Teppo 1972, 14 Vuorisen 2009, 49 mukaan). Rakennuksen painuttua suoritettiin jälkitilkitseminen. Tilkitseminen on tärkeä ja suuritöinen työvaihe hirsikehän pystyttämisessä. Se olikin usein kokeneimpien ja maltillisimpien työtä. Sammalen lyömiseen hirren väliin soveltuu parhaiten tylppäpäinen puukiila. Tilkitsemiseen myöhemmin kehittynyt työkalu, tilkerauta, saattaa katkoa hauraita sammallia. Tilkintätyö tuli suorittaa tasaisesti. Jos tilkettä lyötiin paikoitellen liikaa, aiheutti se vuotopaikan toisaalle hirren alettua kantaa epätasaisesti. Jälkitilkinnässä tilkettä pyrittiin lyömään varauksiin niin paljon, että seinäkorkeus kasvoi. (Roininen 1957, 184–185; Huonerakennusten rakentamisohjeita 1930, 32, Jokelaisen 2005, 115 mukaan; Heikkinen 2009; Sulonen 2009.)

2.3 Sammaleen ominaisuuksista

Sammalten kosteusteknistä toimintaa ei ole tutkittu. Lisäksi puuttuu tietoa esim. lämpöeristearvosta, suositellusta asennuskosteudesta ja tätä myöten asennusohjeet. Ongelmaksi muodostuukin, miten saada nämä vastaamaan rakennusmääräyksiä. Sammalten, kuten monien muidenkin perinteisten kaupasta löytymättömien rakennusmateriaalien, hankkiminen vaatii rakentajalta aktiivisuutta ja tietämystä. Jokamiehen oikeudet eivät ulotu sammalten keräämiseen vaan se on maanomistajan oikeus (Ympäristöministeriö 2010). Kerättäessä sammalia tulee lajintuntemuksesta olla varma, sillä monet sammallajeista ovat erittäin uhanalaisia. Sammalten hyödyntäminen metsien hakkuualueilta sekä turvetuotantoalueilta ennen turpeennoston aloittamista olisi ehdottomasti järkevää. Parhaimmassa tapauksessa valtalajeja keräämällä voidaan vapauttaa elintilaa harvinaisemmille lajeille ja näin auttaa uhanalaistenkin lajien säilymistä. (Ulvinen & Syrjänen 2009.)

Sammaleen kerääminen Suomessa on erittäin vähäistä, ja sitä kerätään vain pienissä määrin floristisiin käyttötarkoituksiin sekä maanparannusaineeksi. Myös sammaltuntemus on yleisesti heikkoa eikä esimerkiksi sammalten keruuopasta ole saatavilla. Jos sammalta varastoidaan, tulee se pitää suojattuna sateelta ja auringonvalolta. Sen jäätymisestä ei ole haittaa rakenteelle ja käytölle. Sammal on sulatuksen jälkeen taas käyttökelpoista. (Suomen luontoyrittäjyysverkosto ry. 2005.)

Sammaleen huonona ominaisuutena tilkkeenä käytettäessä pidetään sen haurautta, joka aiheuttaa käyttöongelmia varsinkin jälkitilkinnässä. Lujuuden puutetta on kompensoitu käyttämällä tuoretta, vielä kosteaa sammalta. Kuivunutta sammalta on mahdollista myös kostuttaa uudelleen. Eri sammallajien välillä on eroavaisuuksia lujuuden suhteen. Korpikarhunsammalen pitkän version on mainittu olevan hyvinkin luja, kun taas rahkasammaleet murenevat kauttaaltaan hyvinkin helposti kuivuttuaan ja varisevat ajan kanssa mahdollisesti pois varauksesta. Myös sammaleen mukana rakenteisiin mahdollisesti pääsevät mikrobit voivat aiheuttaa ongelmia. Tämä seikka vaatisi kuitenkin lisätutkimuksia.

Sammal on yleisin vanha saumaeriste. Sammaleen käytöstä on laajat vuosisataiset kokemukset. Sammaleen on todettu olevan kestävä saumaeriste joka säilyy hirsiseinässä vähintään yhtä kauan kuin itse hirsikin. Tietojen ongelmista ollen vähäisiä voidaan sammaleen olettaa toimivan yleensä kosteusteknisesti moitteetta sekä eristeenä että tilkkeenä. (Vuolle-Apiala 2010, 35-36; Jokelainen 2005, 50.)

3 PELLAVA

3.1 Pellavan kuvaus

Pellava on maailman vanhimpia viljeltyjä kulttuurikasveja ja se on kotoisin Vähästä-Aasiasta. Pellavaa on viljelty ja viljellään yhä sekä kuidun että öljyä sisältävien siemenien vuoksi. Pellavan heimoon (Lineaceae) kuuluu noin 170 eri lajia (mm. Alarinta 1995, 3; Kaukonen 1945, 17 -18; Boncamper 1996, 98; Rissanen & Viljanen 1998, 9).

Pellavakasvi (*Linum usitatissimum*, hyvin hyödyllinen pellava) on yksivuotinen ja se kuuluu runko- ja niinikuitujen ryhmään. Se on noin 70-170 cm korkea, tavallisesti vaaleansini- tai valkokukkainen selluloosakuitukasvi. Kasvin lehdet ovat suipot, pienet ja kiinnittyneet runkoon vuoroittaisesti. Kuitupellavalajikkeet ovat pitempiä ja hieman haaroittuneita latvastaan kuin öljypellavat, jotka ovat latvastaan voimakkaasti haaroittuneet (Kanta-Oksa 1992, 3-4).

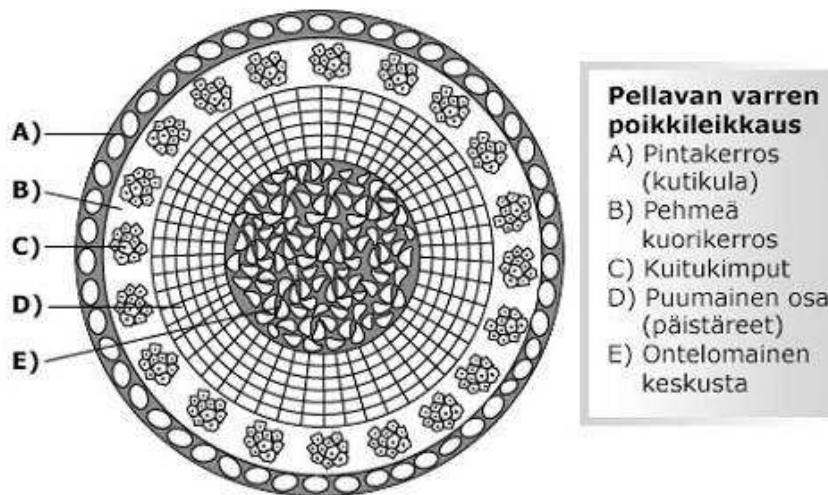
Runkokuitukimput sijaitsevat kasvin varressa ulomman kuoren (kutikula) ja puumaisen ytimen välissä. Kuitukimput muodostuvat toisiinsa kiinnittyneistä perussoluista eli yksittäissoluista (KUVIO 5).

Kuitukimput kiertävät S-suuntaisesti kasvin runkoa pituussuunnassa. Pellavan varressa on noin 20-50 kuitukimppua ja jokaisessa kimpussa on noin 10-40 yksittäiskuitua. Puukerros muodostuu ligniiniä tuottavista puusoluista ja yhdessä kuitukimppujen kanssa ne muodostavat pellavan jäykän varren.

Peruskuidut ovat kietoutuneet ja liimautuneet pektiinisidoksilla toisiinsa peräkkäin sekä vierekkäin muodostaen pellavan peruskuidun. Kuidun soluseinät sisältävät selluloosaa, hemiselluloosaa, ligniiniä ja pektiiniä. Varret sisältävät lisäksi vahamaisia aineita ja mineraaleja. Päistäre on puumaista ainetta, ligniinin sitomaa lähes puhdasta selluloosaa.

Peruskuitu on poikkileikkaukseltaan yleensä viisikulmainen ja sen halkaisija on 2,5-5 μm . Sen soluseinä on paksu ja kuidun keskellä on ontelo. Peruskuitu kapenee päitään kohti, ja sen pinnassa on solmuja, jopa 400 kpl/cm (Boncamper

1996, 101; Kanta-Oksa 1992, 6-7; Kymäläinen 2003, 8- 10; Kymäläinen, Sankari, Hautala, Pasila & Pehkonen. 2002, 8-10)



Kuvio 5. Pellavakuidun rakenne (Vanhatalo 2011).

Nykyisin Suomessa viljeltävät pellavalajikkeet ovat saman kasvin eri viljelymuotoja ja ne jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan kuitu-, kuitu-öljy- (kombi) ja öljypellavaan (Alarinta 1995, 7; Kymäläinen ym.2002, 8).

3.2 Pellavan jalostus, perinteinen tuotantoketju

3.2.1 Kylvö

Pellava kylvetään keväällä mahdollisimman aikaisin, tiheään (2200 kpl itävää siementä/m², 120- 140 kg/ ha) tasaisesti ristiin rastiin hajakylvönä käsin tai kylvökoneella. Tavoitteena on varsinkin kuitupellavan kasvu mahdollisimman suoraksi ja pitkäksi. Varren tulee olla myös mahdollisimman haaroittumaton ja ohuehko (Boncamper 1996, 99; Kanta-Oksa 1992, 32; Norrholm 1999, 2). Kaukosen mukaan (1945, 22,42) hyviä pellavasatoja saadaan rannikko- ja vuoristoilmastoissa ja maan tulee olla kuohkeamultaista perunanviljelyynkin sopivaa peltoa. Pohjanmaan hikevät hietamaat sopivat pellavan viljelyyn erinomaisesti. Vaatimaton (öljy)pellava tuottaa hyviä satoja aitosavi- ja

hietasavimailla mutta menestyy silti lähes koko maassa (Alarinta 1995, 7; Järvenpää & Salo 2000, 9, 23). Perinteisesti pellon viljelykuntoon kunnostamiseen ja muokkaamiseen kiinnitettiin paljon huomiota. Pellava ei selviä kilpailussa rikkakasvien kanssa, joten pellavapellot kitkettiin huolellisesti rikkaruohoista. Kuitupellava vaatii viiden vuoden viljelykierron, ja nykyään parhaina esikasveina pidetään korsiviljoja esim. kauraa ja ruista (Kaukonen 1945, 51; Kanta-Oksa 1992, 28; Kanta-Oksa 1999, 11).

Tällä hetkellä kuitupellavan käytössä on kaksi erillistä tukijärjestelmää: tilatuen kautta tuottajalle maksettava tuki ja kuituja jalostaville yrityksille maksettava tuki (Kuitupellavan ja – hampun...2010, 12).

Nykyisin pienille viljelyaloille käsin kylvö on edelleen hyvä menetelmä, isommat viljelyalat kylvetään kylvökoneella. Kylvö tehdään tyynellä säällä (Kanta-Oksa 1992, 31).

Vanhastaan pellavan kylvön oikea-aikaisuudella on ollut suuri merkitys. Kylvöön on liittynyt myös paljon taikoja ja uskomuksia. Yleisesti Itämeren piirin maissa pellavan kylvöaika oli tuomen kukinnan aikaan eli touko- kesäkuun vaihteessa paikkakunnasta riippuen (Kaukonen 1945, 45 - 46).

3.2.2 Nyhtö

Kuitupellavan kasvu-aika on noin 90, korkeintaan 100 vuorokautta, ja se voidaan korjata tuleentumisen eri vaiheissa (Alarinta 1995, 9). Hienoimmat belgialaiset pellavatekstiilit tehdään vihreänä nyhdetystä pellavasta ja aikaisin nyhdetystä pellavasta saadaan yleisesti hienompaa kuitua (Kaukonen 1945, 55; Alarinta 1995, 9). Korjuu-aikaan vaikuttamalla (esim. syksy- tai kevätkorjuu) voidaan pellavakuidun ominaisuuksia ohjata toivottuun suuntaan. Öljyiset siemenkodat voidaan kuitenkin korjata laadukkaasti vain syksyllä, kun siemenet ovat riittävästi tuleentuneet (Kymäläinen 2003, 16). Pellava korjataan perinteisesti kun kasvin varret ovat kellastuneet puoliväliin ja alimmat lehdet alkavat varista. Siemenet ovat silloin riittävän kehittyneitä ja ne jälkikypsyvät nyhdön jälkeen siemenkodissaan.

Kuitu haurastuu kasvuajan pidentyessä, joten yleisesti nyhtö tehdään mielusti hieman liian aikaisin siementen kypsymiseen nähden (Kanta-Oksa 1992, 37).

Pellava nyhdetään maasta juurineen käsin tai nykyään korjuuajankohdasta riippuen myös nyhtökoneella, leikkuupuimurilla tai niittomurskaimella. Pitkää kuitua ei saada, jos pellava niitetään (Kaukonen 1945, 55; Kymäläinen 2003, 16).

Nyhdetyt pellavat kuivataan sormauksissa (KUVIO 6.), pienissä lyhteissä, jos tarkoituksena on jälkikypsyttää siemensato. Tähän menee aikaa reilu viikko (Kanta-Oksa 1992, 39 -40).



Kuvio 6. Pellavaa sormauksilla (Virtuaalikylä).

3.2.3 Rohkiminen

Siemenkodat eli sylkyt poistetaan varsista mekaanisesti eli pellavat rohkitaan. Perinteisesti tähän käytettiin rohkalautaa tai penkkirohkaa. Pellavakimput ikään kuin kammattiin harvasti hammastetun ”puukamman” läpi. Siemenkodat jäivät rohkimalla ehjiksi, joten ne puitiin samalla tavalla kuin viljat, jotta arvokkaat siemenet saatiin käyttöön. Myös nykypienkasvattaja rohkii pellavansa mekaanisesti käsirohalla (Kanta-Oksa 1992, 41; Kaukonen 1945, 69 – 89).

Nykyisissä nyhtökoneissa on myös rohkijalaite, joka irrottaa sylkyt jo nyhdön yhteydessä (Norrholm 1999, 2).

3.2.4 Liotus

Pellavan kuitujen jatkojalostus vaatii pitkien kuitukimppujen erottamisen toisistaan. Mekaanisen käsittelyn lisäksi tarvitaan biokemiallinen käymisprosessi eli liotus. Sen tavoitteena on hallitusti hajottaa varren vahamainen pintakerros ja kuorikerroksen pektiini A. Peruskuituja liimaava pektiini B ei saa hajota liotuksen yhteydessä, sillä silloin yksittäiset kuitukimput hajoavat. Tällöin puhutaan pellavan cottonisoinista (Boncamper 1995, 100; Härkäsalmi 2008, 63; Kanta-Oksa 1992, 52). Pellavan laatuun sekä kuidun väriin vaikuttaa eniten liotus (Alarinta 1995, 10; Kanta-Oksa 1992, 53).

Kuitukimput erotetaan lahottamalla varren kuori- ja puukerrosta mikrobitoiminnan avulla. Vanhin näistä keinoista on *pelto-/nurmi-/ketoliotus*, joka on edelleen tavallisin ja edullisin menetelmä. Siinä korsien pektiinin hajottavat lähinnä lahottajasienet, mm. *Cladosporium herbarum*, *Mucor plumbeus* ja *Rhizopus nigricans* (Kanta-Oksa 1999, 18). Korsista on eristetty *Aspergillus*-, *Penicillium* ja *Fusarium*-sukujen sienilajeja (Härkäsalmi 2008, 64). Pellavat nyhdetään tai niitetään ja korret jätetään likoamaan pellolle useiksi viikoiksi. Korsiä käännettään 2-4 kertaa, jotta liotus tapahtuu tasaisesti varsien kaikissa osissa. Nykyisin laajojen viljelyalojen pellavat paalataan peltoliotuksen jälkeen (Boncamper 1995, 100; Kanta-Oksa 1999, 18; Kymäläinen ym. 2002, 11; Norrholm 2001, 2-3).

Vesi- (järvi-)liotus on käymis- ja mätänemisprosessi, jonka aiheuttavat anaerobiset bakteerit. Ne ovat peräisin sekä pellavasta itsestään että ilmasta ja vedestä. Hajoamista aiheuttavat mm. *Plectrididium pectinorum*, *Bacillus felsineus* ja *Bacterium amylobacter*. Niiden yhteistoiminnan tuloksena muodostuu orgaanisia aineita, jotka aiheuttavat ympäristössään voimakasta pahaa hajua ja myrkyllisiä yhdisteitä, jotka rehevöittävät runsaasti vesistöjä (Kanta-Oksa 1999, 18-19). Liotettavien pellavanvarsien sisältämä ligniini, hiilihydraatit ja ravinteiden liukeneminen veteen vaikuttaa liotusveden pH:n laskuun. Tästä syystä järvioliotus on kielletty luonnonvesissä EU:n alueella. Altaissa tehtävän vesiliotuksen

jätevedet rehevöittävät myös vesistöjä, ja mahdollisesti käytettävä lämminvesiliotus lisää energiantarvetta, joten EU:n alueella vesiliotus on vähenemässä (Härkäsalmi 2008, 63; Kanta-Oksa 1992, 49 -50).

Entsyttaattinen liotus on nopeutettu luonnollinen liotusprosessi, jossa veteen lisätään entsyymejä, jotka on valmistettu teollisesti mikrobien avulla. Entsyymit ovat proteiineja (sellulaasit, pektinaasit ja hemisellulaasit), jotka nopeuttavat biokemiallista reaktiota. *Kemiallista* liotusta on myös kokeiltu jo 1800- luvulta alkaen. Käsittelyaineina on käytetty esim. soodaa, lipeää ja epäorgaanisia happoja (Härkäsalmi 2008, 64).

Teollisesti tapahtuva liotus yhdistelee eri liotusmenetelmiä. Pellavan liotusta ei vielä kuitenkaan hallita teollisessa mittakaavassa kunnolla. Luonnon mikro-organismit ovat edelleenkin liotukseen parhaiten toimivia. Liotus on pellavateollisuuden työvaiheista kallein (Härkäsalmi 2008, 64; Kanta-Oksa 1992, 59- 60).

3.2.5 Kuivaus

Liotettu pellava kuivataan ilmvavassa paikassa, yleensä nurmelle levitettynä, aidanseipäille ripustettuna tai aittaa vasten tuettuina ”kökkäinä” eli lyhteinä. Nykyään kylmäilmakuivuri on myös hyvä vaihtoehto. Kuitukimput kutistuvat kuivuessaan ja irtoavat varren puumaisesta osasta. Kuivattaessa lämpötilat eivät saa kohota yli 40 °C, koska kuitu vahingoittuu ja siitä tulee kiillotonta ja haurasta. Kuivattuja pellavia voidaan varastoida kuivissa olosuhteissa odottamassa seuraavia käsittelyä. Paalattu pellava kuivataan pyöröpaalikuivaajassa, ja paalien varastointikosteuden tulee olla alle 15 % (Boncamper 1995, 100; Grotenfelt 1913, 46- 49; Härkäsalmi 2008, 65; Kanta-Oksa 1992, 63 -64).

3.2.6 Pellavakuidun mekaaninen muokkaus eli loukut, lihtaus, häkilöinti ja harjaus

Liottuksen ja kuivauksen jälkeen irrotetaan loukutuksella ja lihtauksella pellavakuidut irti kuori- ja puukerroksesta. Loukutus katkoo ilmakeivän varren puumaisen päistäreiden pieniksi säleiksi ("murtaa luut"). Näin saadaan suurin osa päistäreistä ja lyhyimmistä kuiduista poistettua. Lihtauksella päistäreiden palaset sekä sekalainen kuituaines, lihtarohkimet, erotetaan kuidusta. Pellavankorsien tulee säilyä yhdensuuntaisina pituussuunnassa koko käsittelyn ajan. Perinteinen käsiloukku ja – lihta muistuttavat toisiaan, mutta lihta on kevyempirakenteinen (Härkäsalmi 2008, 65; Kanta-Oksa 1992, 67- 68; Simola 1933, 40).

Häkilöinti erottelee pitkän ja hienon aivinakuidun lyhyemmistä ja karkeammista rohdinkuiduista. Samalla kuitukimput suoristuvat. Kuituniput häkilöidään koneellisesti tai kotitarvejalostuksessa käytetään häkilälautaa. Siinä on piikkikenttiä peräkkäin harvemmassa ja tiheämmässä. Pellavasormasta kammataan näiden piikkikenttien läpi halutun laadun saavuttamiseksi (Boncamper 1995, 100; Härkäsalmi 2008, 65; Kanta-Oksa 1992, 69).

Aikaisemmin häkilöinti viimeisteltiin harjaamalla pellavia voimakkaasti mielellään pellavaharjalla. Harjatut pellavat ovat "hienoja ja kirkkaita" (Grotenfelt 1913, 51; Kanta- Oksa 1992, 70; Simola 1933, 46). Häkilöinnin jälkeen pellavakuitu on kauppakelpoista.

Perinteiset loukut, lihdat ja häkilät ja ovat olleet käsikäyttöisiä ja sota-ajalta peräisin olevia, nykymittapuulla kömpelöitä laitteita. Paine kehittää sopivampia koneita pellavan mekaaniselle muokkaamiselle on kasvanut lisääntyneen pellavanviljelyn kiinnostuksen myötä (Kanta-Oksa 1992, 65). 1990- luvun lopulta on etsitty sovelluksia pellavan käsittelylle jo olemassa olevan maatalouden konekannan hyödyntämiseen ja käyttöön (Heino ym. 2000, 3).

Tilkemateriaalinakin käytettävät rohdinkuidut saadaan aivinakuitujen jalostuksen sivutuotteena lihtauksen ja häkilöinnin seurauksena. Lihtarohkimet täytyy vielä esipuhdistaa ennen jatkojalostusta, koska ne sisältävät runsaasti päistäreitä mutta

häkilärohtimet ovat riittävän puhtaita. Pellavan mekaanisen muokkaamisen ongelmana on pöly kuiduttamisen aikana (Härkäsalmi 2008, 66,129).

Toivo Vuorela kertoo kirjassaan Kansanperinteen sanakirja tappuran tarkoittavan loukutettaessa erkaantuvaa lyhytkuituista puhdistusjätettä, joka sisältää päistäreitä. Tappuraa käytettiin esimerkiksi seinän tilkkeiksi. Liinatappurat tarkoittavat Itä-Suomessa hamppua ja Länsi- Suomessa pellavaa (1981, 243,459).

3.3 Pellavan jalostus, eristekuidun tuotantoketju

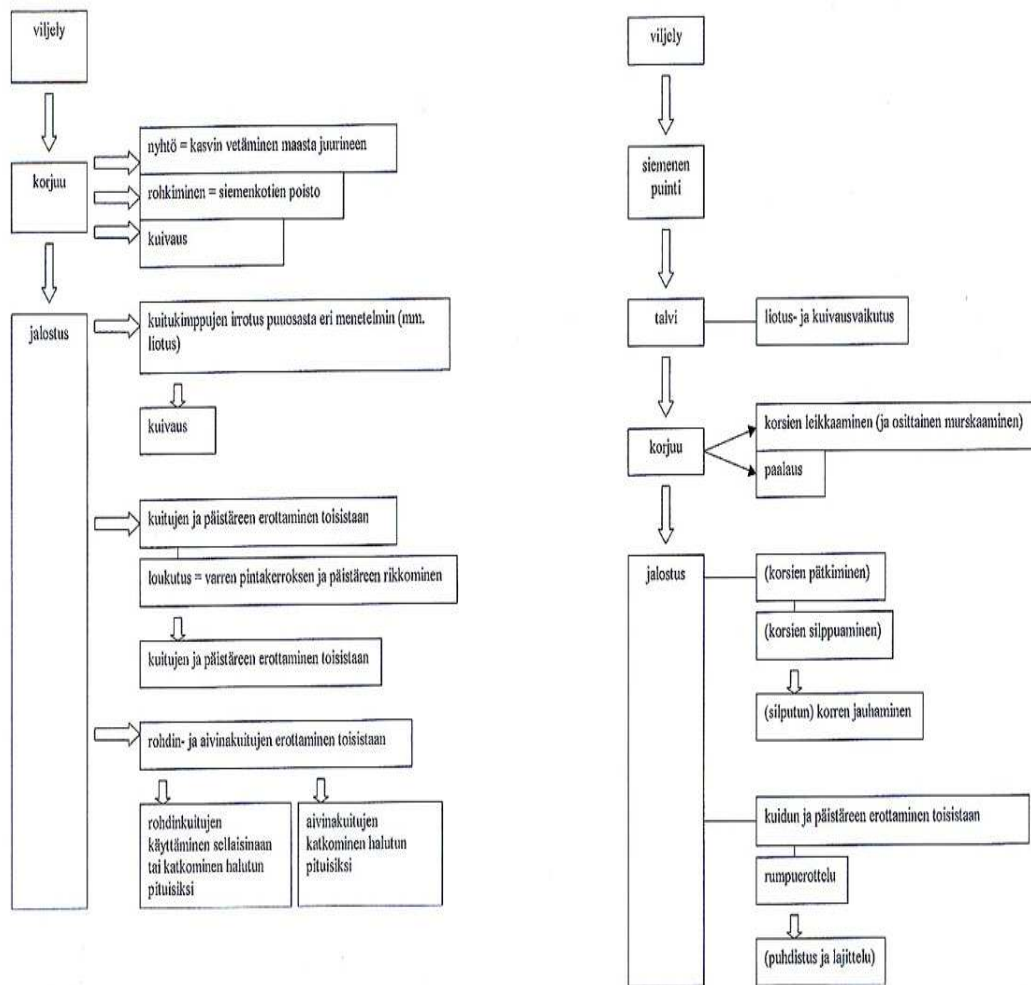
Suomen liityttyä Euroopan Unioniin 1995, maatalouden kansallisiin tukijärjestelmiin tuli muutoksia, jotka alensivat suomalaisen maataloustuotannon kannattavuutta. Tämän vuoksi on ryhdytty etsimään uusia non-food- tuotteita, joiden avulla maatalouden tuottavuus paranee ja Suomen nykyinen peltoala voidaan pitää viljeltynä. Lisätavoitteena on löytää uusia elinkeinoja maataloustuotannosta vapautuvalle työvoimalle ja kalustolle (Heino ym. 2000, 3).

Eristetuotantoon viljelty kuitupellava korjataan joko nyhtämällä tai niittämällä. Korret jätetään peltoon karholle, jossa ne kuivuvat 1-3 viikkoa. Siemenet puidaan tuleentuneina tämän jälkeen. Peltoliotusta jatketaan vielä pari viikkoa tämän jälkeen. Liotuksen valmistuttua korret ajetaan karholle uudelleen ja paalataan sopivasti kuivuneina ja paalit varastoidaan mielellään kylmäilmakuivauksen jälkeen (Eskola ym. 2001, 3).

Dry-line-menetelmä kehitettiin alun perin ruokohelpin korjuuseen, mutta sen todettiin sopivan myös pellavalle.

Dry-line-menetelmällä (KUVIO 7.) pellavasta puidaan syksyllä vain kuivin latvaosa ja siinä olevat siemenet. Pellavan oljet korjataan vasta keväällä, jolloin ne ovat talven aikana lionneet ja kuivuneet pellolla vaihtelevissa olosuhteissa. Keväällä korjatut oljet ovat helposti varastoitavissa ja jalostettavissa. Menetelmää käyttämällä vältetään kokonaan kuivaukselta ja myös korjuukustannukset pienenevät.

Kevätkorjattu pellavakuitu saadaan jalostettua teolliseksi raaka-aineeksi pyöröpaalisilppurilla ja vasaramyllyllä (Pasila 2001, 4). Dry-line-menetelmällä tuotettu raaka-aine ei ole nykyisten EU:n säännösten mukainen, joten tätä teknologiaa ei hyödynnetä Suomessa tällä hetkellä (Pasila, A., Pehkonen, A., Lalli, A., Pehkonen, T. & Sihvola, J. 1998, 21; Vilppunen 2011).



Kuvio 7. Pellavan perinteinen tuotantoketju ja dry-line-menetelmän tuotantoketju (Kymäläinen 2003).

3.4 Pellavan jalostuksen historia

Kukaan ei tiedä, kuinka kauan pellavaa on käytetty tekstiilikuituna. Arkeologit arvioivat pellavan käytön olevan jopa kymmenentuhatta vuotta vanhaa eli kivikauden ihminen on osannut valmistaa pellavakuidusta esim. verkkoja ja

kalastussiimaa. Egyptissä on ollut kukoistava pellavakulttuuri jo 6000 vuotta sitten, mistä todisteena ovat pyramidien hautalöydöt mm. seinäkuvat pellavan viljelystä ja erittäin hienolaatuiset käärinliinat. Pellava oli merkittävä ylellisyystuote.

Egyptistä pellava kulkeutui merenkulkijoiden mukana muihin Välimeren maihin. Jo keskiajalla pellavan kasvatusta ja sen käyttö oli levinnyt koko Eurooppaan. Silloin merkittäviä pellavanviljelymaita olivat Venäjä, Baltian maat, Irlanti ja Flanderi (osia Pohjois-Ranskasta, Belgiasta ja Alankomaista). Nykyään merkittäviä viljelijämaita ovat mm. Valko-Venäjä, Kiina, Tšekki ja Slovakia (Boncamper 1996, 97; Kaukonen 1945, 17- 18; Kanta-Oksa 1992, 13- 14; Seppälä 1982, 9-10).

Skandinaviassa merkkejä pellavan viljelystä on löydettävissä jo nuoremmalta pronssikaudelta (1500/1300- 500 eaa.) mutta rautakaudella (500 eaa. - 1300 jaa.) sen viljelystä on löytynyt paremmin todisteita esim. viikinkien aikakirjoista (Kaukonen 1945, 19-20).

Suomessa pellavaa on viljelty ja käytetty veronmaksuvälineenä jo keskiajalla ja jalostettuja pellavatuotteita on viety ulkomaille 1700- luvulla suuria määriä (Kaukonen 1945, 18- 19; Boncamper 1996, 98; Simola 1933, 8). Suomen pellavanviljelyalue oli 1700-luvulla Lohjalta Hämeen rintamaille ja pellavanviljelynkeskukseksi syntyi aikaa myöten Lammin pitäjä. Suomesta suunniteltiin ”Ruotsin Irlantia” eli Ruotsi-Suomen pääasiallisinta pellavan tuottajaa. Pellavan viljelyala olikin silloin laajimmillaan Suomessa (Kanta-Oksa 1992, 17; Simola 1933, 8-9; Seppälä 1982, 10- 11). Suomeen perustettiin 1752 Otavalan pellavanviljelykoulu pellavanviljelyn tiedon ja sen kehuun taidon lisäämiseksi. Kankurit oli suurin ammattikunta Suomessa 1700-luvulla (Kanta-Oksa 1992, 17, Simola 1993, 8-9).

Pellavaa viljeltiin kaskimailla vielä 1900-luvun alkukymmenillä köyhissä oloissa, vaikka peltoviljely oli sen syrjäyttänyt 1800-luvun loppupuolella (Kaukonen 1945, 42- 43, Simola 1933, 9). Suomessa kasvatettiin lähes joka talossa pellavaa omatarvekotiteollisuuden tarpeisiin 1800- luvun lopulla. Pellavaa käytettiin parempiin kudonnaisiin ja kesävaatteiden kankaaksi.

Pellavaa kasvatettiin myös myyntiä varten. Ansiokotiteollisuus eli kauppakotiteollisuus oli sivuelinkeinoluonteista, ja se tarjosi viljelijälle ja

pellavakuidun jalostajalle lisäänsiota, esimerkiksi talven aikana tehdyllä puhdetyöllä (Salo 1991, 7-8).

Suomen historian suurin pellavatehdas perustettiin Tampereelle 1850-luvun lopulla. Teollisuusmies Adolf Törngren kiinnostui pellavateollisuudesta ja hän sai tehtaan perustamisluvan keisarilliselta majesteetilta. Pellavatehdas valmistui Tammerkosken partaalle, liikemies Gustaf August Wasastjernalta vuokratulle tontille 1858, ja pellavatehtaan koneet käynnistyivät vuoden 1859 lopulla. Liiketoimet alkoivat kangerrellen. Tehdaskanke oli ollut yllättävän kallis toteuttaa, joten Törngren päätti yhdistää voimansa ja varansa Wasastjernan kanssa, joka oli rakentanut konepajan jo aikaisemmin samalle pellavatehtaan tontille. Yhteisyrityksen nimeksi tuli Tampereen Pellava- ja Rautateollisuus Osake-Yhtiö joka myöhemmin muuttui nimeltään Tampellaksi (Urbans 1956, 34- 36; Seppälä 1982,13- 19).

Pellavatehdas kärsi koko toimintansa ajan eriasteisesta raaka-aine pulasta, vaikka erilaisia houkuttimia käytettiin valtiovallan ja yrityksenkin puolesta, jotta suomalaiset talonpojat innostuisivat pellavan viljelyksestä (Seppälä 1982,10- 11, 23, 38).

Pellavatehdas perusti vuonna 1888 ns. Hankalan loukun, joka oli pellavan puhdistuslaitos. Hankala osti viljelijöiltä liotettuja pellavia ja loukutti ja lihtasi ne. Vuonna 1921 perustettiin Messukylän Hautalammin liotuslaitos joka on ollut Suomen ainoa teollinen liotuslaitos (Seppälä 1982, 23, 30).

Pellavatehdas koki muutamia huippukausia toimintansa aikana. Lähinnä nämä kaudet sijoittuivat sota-aikoihin, jolloin monenlaista tarviketta tarvittiin rintamilla ja siviilissä. Silloin myös pellavan viljely oli suurimmillaan (Seppälä 1982, 42).

Puuvilla oli pikku hiljaa leviämässä kuluttajien käyttöön 1920-luvulta alkaen ja yleistyen vuosikymmenien aikana halpatuonniksi. Yhdessä tekokuitujen tuotannon kanssa 1950-luvulta alkaen uudet kuidut syrjäyttivät pellavan peruuttamattomasti (Seppälä 1982, 35, 50).

Tampella ehti viettää 125-vuotisjuhliaan vuonna 1981, ennen kuin pellavatuotteiden valmistus loppui kokonaan (Seppälä 1982, 56).

Abgt K. H. Renlund O. Y.

◎ ◎ Helsinki ◎ ◎

Puhelimet: 15 34 Toimitus
221 Konttori




Runsas varasto rakennusaineita:




<p><i>Muuraustiiliä, Tulenk. tiiliä ja savea</i></p> <p><i>Parhainta Rakenn. Kalkkia</i></p> <p><i>Sementtiä: Ankkuri, Ölannin, Delbrückin, Klag-</i></p> <p><i>störpin, Gristowerin</i></p> <p><i>Kokoliittia ja kipsiä</i></p> <p><i>Rautapalkkeja ja ratakiskoja</i></p> <p><i>Tanko-, litteä-, ja ankkurirautoja</i></p> <p><i>Rakennustakeita ja valutavaraa kuten pyl-</i></p> <p><i>väitä, portaita y. m.</i></p> <p><i>Kattolevyjä: mustaa, galvanoitua sekä kou-</i></p> <p><i>rumoista</i></p> <p><i>Asfalttikattohuopaa</i></p> <p><i>Ikkuna- ja peililasiasia</i></p> <p><i>Kaakeli- ja levyuunia</i></p> <p><i>Liesiä erilaista muotoa</i></p>	<p><i>Kamiinia „Orion“ y. m.</i></p> <p><i>Ikkuna- ja oviraidoituksia, uudenaikaisia ja</i></p> <p><i>mallikelpoisia</i></p> <p><i>Nauloja ja ruuveja</i></p> <p><i>Tiivistys- ja pinkopahvia</i></p> <p><i>Korkkilaattoja ja -jauhoja, parhainta eristys-</i></p> <p><i>ainetta kylmää ja kosteutta vastaan</i></p> <p><i>Rakennustappuraa, puuvillaa ja turvepehkkua</i></p> <p><i>Öljyä ja maalarin värejä</i></p> <p><i>Lakkaa ja polityyriä</i></p> <p><i>Tervaa ja tärpättiä</i></p> <p><i>Asfalttilakkaa ja karbolineumia.</i></p>
---	---

Putkia ja Putkenosia

Metalleja

Työkaluja Puu-, Rauta- ja  Laiva- ja höyrypannulevyjä

Kivityöntekijöitä varten   Venetarpeita 

Käytännöllisiä ja uudenaikaisia

Talousskapineita kaikenlaatuksia

Kuvio 8. Rakennustarvikemainos vuodelta 1905 (Rakennustaito 1905).

3.5 Nykytilanne Suomessa

Suomessa toimi vuosina 2002- 2005 Agrokuituverkosto, jonka tavoitteena oli kuitukasvien viljelijöiden, jatkojalostajien ja alan tutkijoiden verkostoituminen. Tavoitteena oli uusien tuotteiden, valmistusmenetelmien ja toimintatapojen kehittäminen ja testaus sekä tutkimustiedon välittäminen viljelijöille ja yrityksille. Perusajatuksena oli viljelijöiden toimeentulon parantaminen muuttuneessa markkinatilanteessa uusien viljelykasvien avulla (Kortesmaa ym. 2005, 5).

Agrokuituverkoston raportin mukaan hanke onnistui verkostoimaan siinä toimivat yritykset melko hyvin. Öljypellavan viljelyala kasvoi noin 500 ha hankeen aikana. Hankkeessa toteutettiin pilot-tason tutkimushankkeita mm. kuitutuotannossa. Kuitualan ongelmia oli esim. sopivan kuituraaka-aineen saanti, laadun epätasaisuus, sääolojen vaikutus liotusvaiheessa lopputuotteen laatuun ja laadukkaan kuituaineen aikaansaaminen tilakuiduttimilla eri käyttökohteisiin. (Kortesmaa ym. 2005,5,46).

Kansallisen pellavaohjelman mukaan vuonna 2003 Suomessa toimi kahdeksan yritystä, jotka valmistivat ja markkinoivat pellavakuitupohjaisia lämmöneristeitä. Useimmat yrityksistä käyttivät ulkomaista kuituraaka-ainetta kotimaisen pellavanviljelyn vähäisyyden ja kotimaisen kuidutuslaitoksen puuttumisen vuoksi (Koivula & Vilppunen 2003, 22).

Vuosituhanneen vaihteessa arvioitiin kuitupellavan viljelyalan lisääntyvän huomattavasti senaikaisesta 1000 hehtaarista. Luonnonkuitujen käytön arvioitiin kasvavan räjähdysmäisesti mm. uusien käyttösovellusten vuoksi. Kuidun kysyntä oli suurempaa kuin kotimainen tarjonta (Sankari 2001, 1).

Suomessa kuitupellavan viljelyalan muutokset ovat olleet suuria vuosina 1996-2005, mikä johtuu EU:n tukijärjestelmistä ja niiden muutoksista. Kuitupellavaa viljeltiin vuonna 2005 noin 60 hehtaarin alalla (Härkäsalmi 2008, 39).

Kotimaisen kuiduntuotannon vähäisyys ja ongelmat pellolta loppukäyttäjälle ketjussa olivat liian suuria esteitä suurimmalle osalle vuonna 2003 toimineille eristekuituyrityksille. Vuonna 2011 yrityksistä on jäljellä yksi, joka tuo edelleen kuituraaka-aineen ulkomailta (Vilppunen 2011).

Suomalainen eristepellavan tulevaisuus näyttää tällä hetkellä vaikealta. Viljely ei laajene, koska teollista tuotantoa ei ole ja teollista tuotantoa ei käynnistetä, koska ei ole laajaa viljelyä (Pasila ym. 1998, 56). Maahan tuotava ulkomainen pellavakuitu on halvempaa kuin kotimainen. Valmiille tuotteille ei ole myöskään riittävän suuria markkinoita (Vilppunen 2011).

Isolina Oy (emoyhtiö Isolina BV, Netherlands) yhtiössä Särkisalmella kehitetään, valmistetaan ja markkinoidaan pellavapohjaisia lämpöeristeitä. Valmistajan

tiedonannon mukaan raaka-aineena käytetään pellavatuotannossa syntyvää lyhyttä, ylimääräistä, kuitua. Kuitu on peräisin sopimusviljelijöiltä Keski-Euroopasta. Kuitujen kiinnitysaineena käytetään kierrätettyä synteettistä kuitua. Palonestoaine on ympäristöystävällinen myrkytön valmiste (Isolina 2011).

Pellavaeristeettä voidaan käyttää monipuolisesti lämpöeristykseen seinissä, katoissa, välipohjissa, ikkunoiden ja ovien tilkitsemisessä sekä lattioiden eristämiseen. Tuotetta on saatavana ilmakarstattuna rullana rakennus- ja äänieristeeksi (leveys 565/ 865 mm, paksuus 50-150 mm, rullan pituus 5-10 m), huopamaiseksi neulottuna nauhana hirrenväli- ja sokkelinauhana esim. höylähirrelle. Lisäksi pellavaeristettä on saatavissa ovi- ja ikkunatiivisteinä sekä parketinalusmattona (Isolina 2011).

Valmistajan ilmoittamia pellavaeristeen teknisiä ominaisuuksia (Isolina 2011).

- lämmönjohtavuus $\lambda_{10} = 0.038 \text{ W/mK}$
- lämmön varastointikapasiteetti $c = 1600 \text{ J/kgK}$
- kosteuden sorptio-ominaisuudet: EN- ISO 12571
- ilmanläpäisevyys $\square : 230 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m.s Pa}$
- paloluokka E, EN 13501-1 mukaan
- arvioitu elinikä minimi 75 vuotta
- NIBE ympäristöluokitus; luokka 1a

3.6 Pellavan ominaisuudet

Pellava on ekologinen, uusiutuva ja biohajoava runkokuitu. Pellava menestyy karussakin maassa, ja se käyttää maaperän ravinteita poikkeuksellisen hyvin. Se ei tarvitse voimakasta lannoitusta, ja sillä ei vielä ole huomattavasti kasvitauteja. Pellavasta saatava raaka-aine ei ole homogeenista vaan tavoiteltavan laadun määrittely alkaa jo siemenen valinnasta. Viljelijän täytyy tietää, mitä hänen pellavistaan aiotaan valmistaa ja mitkä ovat raaka-aineen laatuvaatimukset (Härkäsalmi 2008, 35; Kanta-Oksa 1999, 15; Korttesmaa ym. 2005, 34; Pasila 2001, 4).

Pellavan käyttö rakennuseristeenä on ekologista ja asentajaystävällistä. Se ei aiheuta iho- tai hengityshaittoja eikä asentaja tarvitse suoja välineitä. Pellavakuitu on hygroσκοoppinen materiaali. Tämän ominaisuutensa ansiosta se toimii kosteuspuskurina ja säilyttää eristysominaisuutensa myös kosteana. Pellava kestää kertaluonteisia kosteustiloja homeiden kasvuille kriittisissäkin olosuhteissa (Kanta-Oksa 1999, 23; Korttesmaa ym. 2005, 34).

Kuitu on erittäin lujaa ja lujuus kasvaa sen kastuessa. Kastuessaan kuitu myös turpoaa voimakkaasti ja tekee esimerkiksi paloletkusta vedenpitävän. Näin esimerkiksi varauksessa käytetty pellavarive ilmavirtauksissa kostuessaan tiivistää liitoksen. Pellava on jäykkä ja venymätön kuitu; ominaisuus teki siitä korvaamattoman pikilankana eli suutarinlankana. Pellavakankaan rypistymisen aiheuttaa sama ominaisuus Pellavan alhainen ligniinipitoisuus tekee siitä valonkestävää, joten sitä on käytetty paljon taidetekstiilien raaka-aineena. Muita käyttökohteita ovat olleet myös putkentiivistysmateriaalit, kirjansidonta, kalaverkot, setelipaperi ja pitsit (Boncamper 1995, 102; Seppälä 1982, 11 -12; Oijala 1999, 39).

Tulevaisuudessa pellavakuidun käyttökohteita voi olla esimerkiksi lujitekuituteollisuudessa (komposiittimateriaalit autoteollisuudessa, pakkaus- ja huonekaluteollisuus), ympäristöteknologian tuotteet (öljyntorjunta ja keräystuotteet ja suodattimet) ja kasvihuone ja vastaavat tuotteet (kasvualustat) (Koivula & Vilppunen 2003, 32).

4 MINERAALIVILLA

4.1 Mineraalivillan kuvaus

Mineraalivilla on yhteisnimitys sulasta lasi- tai kiviaineksesta tehdyille kuitumaiselle, huokoiselle aineelle. Eristevillakuidut kuuluvat MMVF (man made vitreous fibre) lasimaisiin tekokuituihin yhdessä keraamisten- ja teollisten lasikuitujen kanssa. Lämmöneristyksissä käytetyt lasi- ja kivivillakuidut ovat epäorgaanisia, ei-metallisia ja lasimaisia, amorfisia. Kemiallisesti kuidut ovat oksideja, joista merkittävin oksidiainesosa on SiO_2 . (Saarenpää, Hyödynmaa, Enbom & Säämänen 1994, 11.) Raaka-aineensa perusteella villat jaetaan lasi-, kivi-, kuona- ja silikaattivilloihin. Mineraalivillojen pääasialliset käyttökohteet ovat lämmöneristys, ääneneristys, tuulensuojalevyt ja paloeristys (Siikanen 1994, 231).

Lasivillaa valmistetaan kvartsihiekestä, soodasta ja kalkkikivestä sekä kierrätyslasista. Kivivillan raaka-aineena on vulkaaninen diabaasikivi, kuonavilla on teollisuuden masuunikuonasta (jäte) valmistettua. Silikaattivilla on kuona- ja kivivillan välimuoto. (Leppävuori, Prokki, Kanerva & Vähäkallio 1979, 306; Siikanen 1994, 231; Kaila 1997, 500). Lasivillan kuitujen keskipituus on 5-10 mm ja kivivillan 2-4 mm, ja molempien kuitujen keskipaksuus on 4-12 μm . Mineraalivilloihin lisätään sideaineeksi fenoliformaldehydihartsia (0-15 painoprosenttia) sekä öljyä, joka sitoo pölyä ja parantaa villan vedenhylkivyyttä. Tuotteisiin lisätään tarvittaessa myös silikonია. (Leppävuori ym. 1979, 307; Siikanen 1994, 231).

Mineraalivillat jaetaan painonsa mukaan joko keveisiin (paino alle 40 kg /m³) tai raskaisiin (paino yli 40 kg/ m³) villalaatuihin. Valmistusmenetelmästä ja raaka-aineesta riippuen mineraalivillan tiheys voi vaihdella 15-400 kg/m³. Kivi- ja silikaattivilla on tiheydeltään noin kaksinkertainen samat ominaisuudet omaavaan lasivillalevyyn verrattuna. Villojen rakennusteknisiä ominaisuuksia voidaan säätää kokoonpuristuksen eli ilmatilan määrää säätämällä (Leppävuori ym. 1979, 306; Schybergson 1992, 297; Siikanen 1994, 231).

4.2 Mineraalivillan valmistus ja käytön historia

4.2.1 Lasivilla

Lasikuidun kehittäjä oli amerikkalainen Owens-Corning- yhtiö jo ennen toista maailmansotaa. Yhtiön mukaan nimetty menetelmä mahdollisti pitkien ja joustavien lasikuitujen valmistuksen. Massa valutettiin hienojen suuttimien läpi, ja syntyneistä kuiduista voitiin valmistaa lankaa, jota käytettiin kankaan kudontaan. Tällä tavoin valmistettuja tuotteita käytettiin erityisesti sähköteollisuudessa eristysaineena. Menetelmä oli kuitenkin kallis (Lasivilla, sen...1948, 188).

Lasivillan valmistus *Hager-menetelmällä* alkoi Ruotsissa 1930-luvun alussa. Hager-menetelmä perustui sulatetun lasimurskeen linkoamiseen keskipakovoiman avulla noin 20 µm ohuiksi kuiduiksi. Kuiduista voitiin valmistaa lähes rajattoman pituisia, mutta eristemateriaalikäyttöön ne katkottiin vajaan metrin mittaisiksi. Vaikka raaka-aine oli värillistä, valmis lasivilla oli valkoista ja kiiltävää (Lasivilla, sen...1948, 188).

Suomessa helsinkiläinen Lasivilla osakeyhtiö aloitti 1935 Ruotsista tuodulla raakavillalla eristysmattojen valmistuksen. (Lasivilla, sen...1948, 188; no 10; Mäkiö ym. 1990, 262; Kaila 1997, 500.) Rakennustaito-lehdessä vuonna 1939 kerrottiin uudesta eristysaineesta, lasivillamatosta, jota suositeltiin kerrostalojen vapaasti kantavien (kelluvien) betonilaattojen ääneneristykseen parantamiseksi (Hast, N. B. 1939, 20- 24)

Suomessa lasivillan valmistus alkoi vuonna 1941, kun A. Ahlströmin Karhulan lasitehdas vastasi rakennusalan kasvavaan eristemateriaalin kysyntään. Tehdas valmisti lasivillaa Hager-menetelmällä ja toimitti sitä rakennuksille irrallisena vanuna ja mattona ommeltuna voimapaperiin. Tekninen lasivilla oli ommeltu rautalankaverkkoon tai palmikoitu putkistojen eristystä varten (Lasivilla, sen...1948, 188). Lasivillaa käytettiin vanuna seinien, ovien ja ikkunoiden eristämiseen ja tilkintään. Paperoitua mattoa (15-75 mm) käytettiin lämmön- ja ääneneristykseen rakennusten seinissä sekä lattioissa. Teknistä lasivillaa, paksuus jopa 150 mm, käytettiin putkistojen, höyrykattiloiden ym. eristämiseen.

Hager-lasivilla osoittautui pisteliään epämiellyttäväksi käyttää, joten sitä käytettiin etupäässä teknisiin eristykseen (Isover sanomat 2002).

Karhuntaalja nimi otettiin käyttöön 1955, jolloin Hager-lasivillaa alettiin sitoa hartsilla matoksi. Karhuntaaljaa suositeltiin ja käytettiin laajasti kaikenlaisissa rakennuskohteissa. Hager-villa oli kuitenkin käyttöominaisuuksiltaan alakynnessä kilpailijan paremmin kaupaksi käyvään pehmeämpään ja vähemmän tikkuiseen vuorivillaan verrattuna (Schybergson 1992, 225).

Ranskalainen *Tel- menetelmä*, kehittäjänä Saint Gobain- yhtiö, otettiin Karhulassa käyttöön 1958. Menetelmällä saatiin lasikuidun paksuus ohenemaan viidennekseen. Sula lasimassa lingottiin nopeasti pyörivän, pienillä rei'illä varustetun linkopään läpi. Kuituuntumista edistettiin voimakkailla kaasuvirroilla tai höyrysuihkuilla. Kuitumassaan lisättiin side- ym., lisäaineet ja massa kerättiin kuljetusnauhalle. Lasivilla puristettiin haluttuun levypaksuuteen sideaineen samalla kovettuessa lämpökäsittelyssä. Lasivillan etuna oli levyn suuri kimmoisuus, joten samalla kehittyivät tilaa säästävät puristepakkaukset. Tel-menetelmän valmistusprosessi oli entistä huomattavasti tehokkaampi (Schybergson 1992, 225, 338; Saarenpää ym. 1994, 15; Mäkiö ym. 1990, 262- 263; Isover sanomat 2002).

n. 45.000 m²
Lasivilla-mattoja
 käytetty Maunula-
 rakennusten eristykseen



ULKOSEINISSÄ 25 mm Lasivillamatot kantavan muurauksen ja julkisivumuurauksen välissä lämmön eristämistä varten. Päädyissä 2 × 25 mm matot.

LATTIOISSA, jotka on rakennettu ns. uiva lattia-menetelmän mukaan. Lasivillamatot eristävät iskuäänet kantavasta palkistosta.

YLÄPOHJAT on lämpöeristetyt Lasivillamatoilla, joiden vahvuus on 10—12 cm.

**KELLAREISSA,
KANAVAERISTYKSISSÄ,
SAUNOISSA**

ja eräissä erikoiskohdissa on niinkään Lasivilla valittu eristysaineeksi.

LASIVILLA-rakennusmatot soveltuvat kaikkialle, missä vaaditaan pitkäikäistä ja tehokasta eristystä. Neuvotelkaa kanssamme — pyytäkää työohjelehtiset.

Valmistaja: A. Ahlström Osakeyhtiö. Karhula

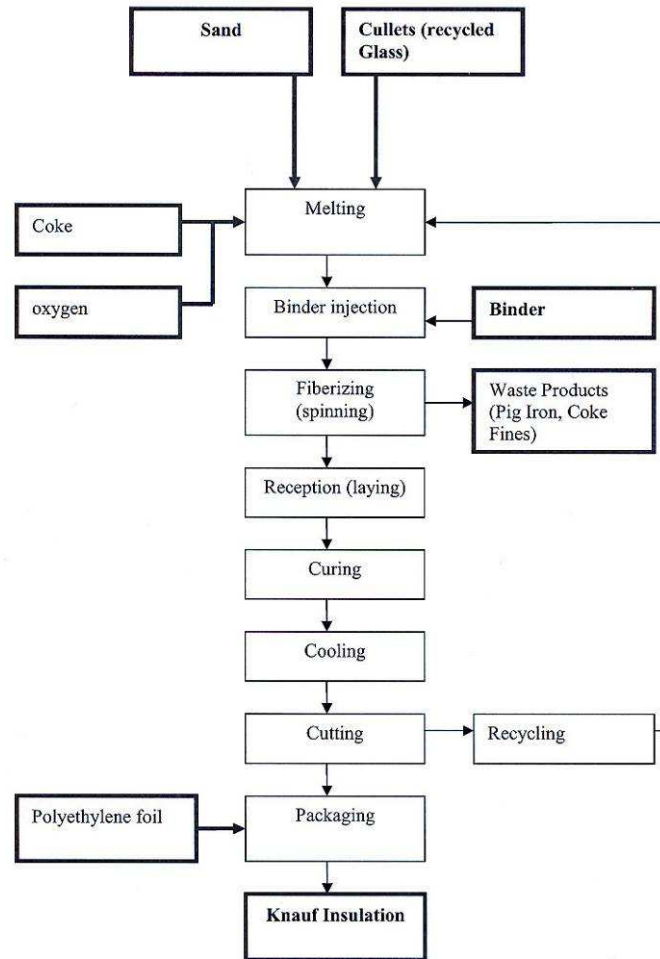
Päämyyjä:

INDUSTRIA OSAKEYHTIÖ, HELSINKI

Kuvio 9. Mainos Rakennustaitolehdestä vuonna 1953 (Rakennustaito 8, 1953).

Rotaatiomenetelmällä sula lasimassa johdetaan pyörivään kuidutuslaitteeseen. Kuidutusyksikkönä on rei'itettyseinäinen metallinen astia. Massa purkautuu pyörivästä astiasta seinämän reikien läpi pieninä virtoina. Massa ohenee kuiduksi keskipakois- ja aerodynaamisten voimien vaikutuksesta. Kuidut jäähdytetään, ja niiden halkaisija on valmiina ohuempi kuin kuidutuslaitteen suulakkeen reikäkoot.

Rotaatiomenetelmän suolakkeiden reikäkoot vaihtelevat 0.25- 0,8 mm (Saarenpää ym. 1994, 15).



Kuvio 10. Lasivillan tuotantokaavio (Murphy & Norton 2008).

Ahlströmin tehtaot rakensivat 1960 ja 1970- luvuilla uudet tehtaot Ruukkiin ja Forssaan, koska energiakriisin aikana lasivillan kysyntä lisääntyi räjähdysmäisesti (Isover sanomat 2002).

Hyvinkäälle valmistui uusi tehdas 1982, jonne keskitettiin Forssan lisäksi koko lasivillatuotanto. Tehtaiden vuosituotto on nykyään 50000 tonnia. Vuonna 1994 Saint Gobain osti Ahlströmin lasivillatehtaot ja yrityksen nimi muuttui Saint-Gobain Isover oy:ksi. 1.1.2008 nimi muuttui Saint-Gobain Rakennustuotteeksi ja Isover on konsernin tuotemerkki (Isover 2011; Isover sanomat 2002).

Konsernin aikaisia tuoteuutuuksia ovat olleet mm. kuitukangaspinnoitettu Comfort-lasivilla ja Multipack- tiivispakkaukset. 1950-luvulla syntynyt Karhuntalja on edelleen tuotannossa, tuotekehittelyä kokeneena, tyyppimerkinnöillä KT (Saarenpää ym. 1994, 15; Isover sanomat 2002).

Puhalluslasivillaeristeitä ryhdyttiin valmistamaan Yhdysvalloissa 1960-luvun lopulla. Suomessa valmistus alkoi 1985 Ahlströmin tehtailla. Alussa puhallukseen käytettiin valkovillaa, joka on sideaineetonta, mutta vähitellen siirryttiin valmistamaan ja käyttämään pelkästään sideaineellista keltavillaa. Puhallusvillan raaka-aineena käytetään yleensä lajinvaihtohylkyä, reunojen tasauksesta syntynyttä jätettä, leikkausjätettä ja epäonnistuneita pakkauksia (Saarenpää ym. 1994, 16; Kaila 1997, 501; Kärkinen & Hakala 2003).

4.2.2 Kivivilla

Masuunikuonan muokkaamista kuiduiksi kokeiltiin Walesissa 1840. Ensimmäinen eurooppalainen kuonavillatehdas aloitti toimintansa Manchesterissa Englannissa 1885. Yhdysvalloissa kokeiluja tehtiin vuodesta 1869 ja ensimmäinen mineraalivillatehdas Stanlope New Jersey perustettiin 1875. Kivivillan teollinen tuotanto alkoi Yhdysvalloissa Indianan Alexandriassa 1890-luvun lopulla paikallisen kalkkikiviesiintymän yhteydessä (Saarenpää ym. 1994, 16; Kaila 1997, 500).

Suomen ensimmäinen kuonavilla-tyyppinen kivivillaeriste tuli markkinoille vuonna 1947. Sen raaka-aineena oli Mätäsvaaran rikastusjäte, Imatran harkkorautakuona ja Vuoksenniskan sulattamon erilaiset kuonasekoitukset (Troberg, B. 1947, 239 - 243). Malminjalostuksessa syntynyt kuona sulatettiin sähköuunissa noin 1500C° ja puhallettiin paineilman tai höyryn avulla jäähdytyskammioon, jossa sulate jähmettyi kuiduksi. Tuotenimenä oli Vuorivanu ja valmistaja Vuoksenniska oy. Tuotetta valmistettiin irtonaisena vanuna, huopana konepaperikerroksen väliin käärittynä ja teknisenä vuorivanuna rautalankaverkon tai voimapaperi-rautalankaverkon väliin ommeltuna. Teknistä vuorivanua käytettiin esim. höyrykattiloiden ja teollisuusuunien eristämiseen (Troberg, B. 1947, 239 -243; Mäkiö ym. 1990, 262; Saarenpää ym. 1994, 16; Kaila 1997, 500).

Valitkaa eristysaineeksi
VUORIVANU
 kustannusten säästämiseksi

Vuorivanu on kokonaan mineraalinen tuote ja lämmön johdosta ehdottomasti palamatonta. Sen hienon hienojen kuitujen väliin sitoutuu runsaasti paikallaan pysyvää ilmaa, minkä ansiosta aineen lämmönjohtoluku on **vain 0.032**.

Vuorivanu säilyttää lämmöneristysominaisuutensa korkeissakin lämpötiloissa, joten se sopii erikoisen hyvin kuumien paikkojen lämmöneristykseen.

Ei sisällä syövyttäviä aineita.
Kyllästettynä täysin vettävieroksuva.

Valmistaja: **OY VUOKSENNISKA AB**

Pääedustaja: **OY CONNECTOR AB**
 Helsinki, Esplanadik. 22 Puh. 13 151.

Toimitetaan

- irtolaisena
- mattoina
- huopana



Kuvio 11. Näin vuorivanua mainostetaan Rakennustaitolehdessä vuonna 1953 (Rakennustaito 9, 1953).

Paraisten Kalkkivuori Oy:n P&K- asiakaslehdessä mainostettiin vuonna 1949 uutta, huomattavan kysynnän saavuttanutta vuorivanua, jota käytettiin eristeenä uusissa, Lappeenrannan kaivoksen vuorotyöläisille, rakennettavissa "ajanmukaisissa huoneissa" (Ajanmukaisia huoneistoja... 1949).

Paraisten Kalkkivuori oy:n Lappeenrannan tehtailla valmistettiin vuonna 1952 ensimmäinen vuorivillalevy, jossa bitumiemulsioliuosta käytettiin sideaineena. Valmistaja kertoo, että huokoinen vuorivilla oli vulkanisoitu muovisidosaineella, joka teki kuitumassan kiinteäksi ja kimmoisaksi. Vuorivillaa valmistettiin levynä, mattona sekä huopana että edelleen irtolaisena, granuloituna vanuna säkeissä. Granuloitua vuorivillaa suositeltiin myös tilkkeeksi (Lindén 1953,2). Mäkiö toteaa tärkeimpien nykyisten kimmoisten mineraalivillojen olleen markkinoilla jo 1950-luvun lopulla (1990, 263).

**Tuohon minä en mene
se on vuorivillaa**



Pakkanen ei läpäise vuorivillalla eristettyä seinää, sillä se eristää noin kaksi kertaa niin hyvin kuin yhtä paksu tavallinen seinä. Vuorivillan lämmönjohtoluku on vain 0,032. Tämän ansiosta alenevat lämmityskustannukset niin suuresti, että rakennuskustannusten pieni kasvu säästyy jo muutamassa vuodessa.

VUORIVILLA

- ◆ eristää tehokkaasti lämpöä ja ääntä
- ◆ kestää sulamatta korkeita lämpötiloja
- ◆ ei pala
- ◆ ei ime kosteutta eikä mätäne
- ◆ torjuu kaikki syöpäläiset ja loiseliot
- ◆ ei syövytä rakenteita eikä vahingoita terveyttä
- ◆ ei pölyä



Saatavana hyvinvarustetuilta rakennustarvikealan jälleenmyyjiltä

PARAISTEN KALKKIVUORI OSAKEYHTIÖ

Kuvio 12. Mainos Rakennustaitolehdessä vuonna 1953 (Rakennustaito 7, 1953).

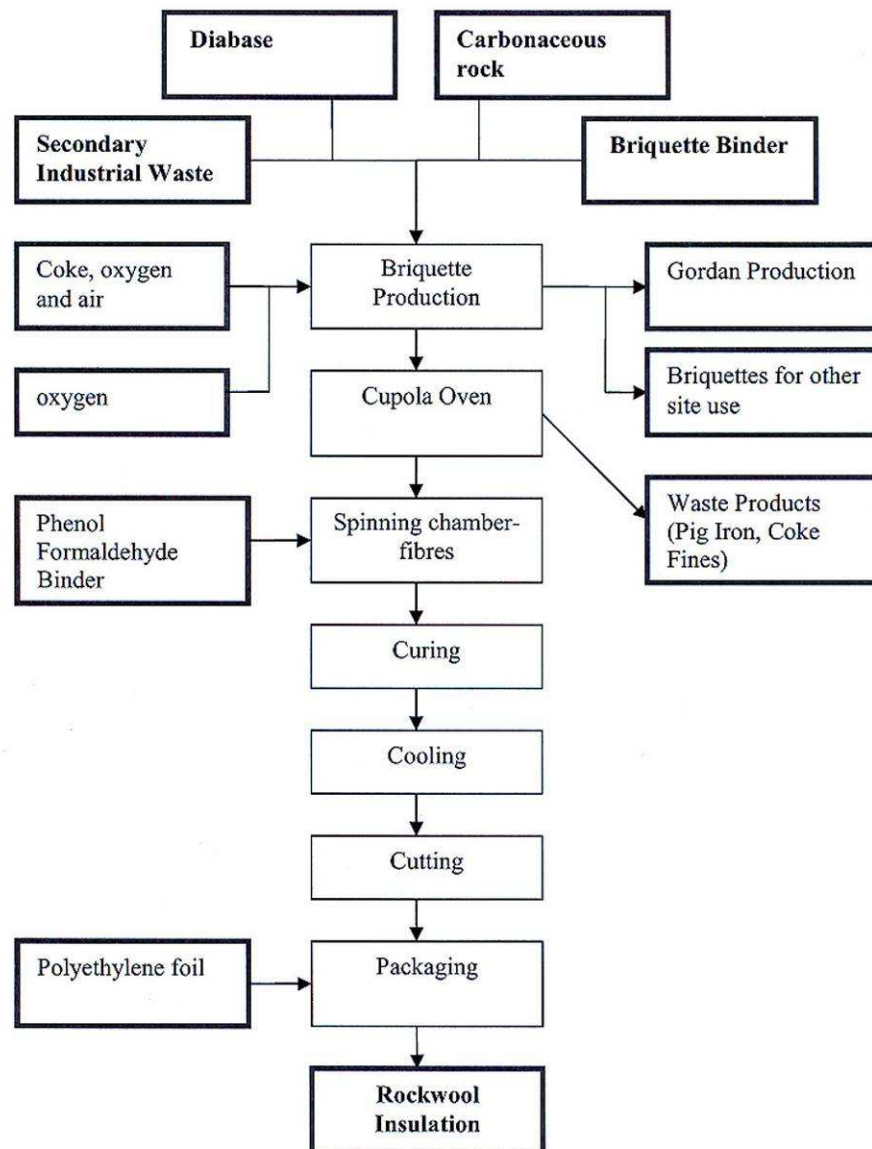
Linkopyörämenetelmä eli kaskadimenetelmä eli mekaaninen keskipakoismenetelmä on käytössä yleisesti kivi- ja kuonavillan valmistuksessa. Sula materiaali kuljetetaan kaukaloa pitkin levitinpyörän ulkokehälle, josta suurin osa sulasta kivimassasta ohjautuu seuraavaksi alapuolella olevalle suuremmalle levitinpyörälle. Pyörät pyörivät vastakkaisiin suuntiin. Jokaisen linkopyörän ulkokehältä irtautuu kuituina osa laitteistoon johdetusta sulasta massasta. Syntyneet kuidut poistetaan ilmapvirran avulla keräyskammioon, jossa kuituihin lisätään sideaine ja kuidut muokataan edelleen levy- tai mattotuotteeksi (Saarenpää ym. 1994, 17).

Downey-menetelmä perustuu myös keskipakoisvoimien käyttöön. Laitteen perusosa on kulhon muotoinen astia, johon sula raaka-aine johdetaan. Kulhon tehtävänä on levittää ja pilkkoa sula materiaali pisaroiksi, jotka poistuvat kulhon reunoilta keskipakoisvoiman vaikutuksesta. Vierestä tulevat ilma- tai höyrystuikut ohjaavat kuidutuskulhosta irronneen materiaalin erilliseen puhalluskammioon, ja samalla ilmapirrret muovaavat sulaa materiaalia jo kuiduksi. Kuidut kerätään liikkuvalla seulalle, jossa lopputuote muotoutuu. Kuitumassaan lisätään heti

pölyämisen estoaine ja levyjen ja mattotuotteiden valmistuksessa käytetään usein sideainetta (Saarenpää ym. 1994, 17- 18).

Puhallettavat kivivillaeristeet tulivat Suomessa käyttöön jo 1978 energiakriisin jälkeisiin aikoihin. Puhalluskivivillan ensimmäinen käyttökohde oli rakennusten yläpohjien lisäeristäminen. Nykyään käyttökohde on edelleen sama mutta rakennukset ovat uudisrakennuksia.

Puhalluskivivillan raaka-aine on kokoajan ollut ns. reunaleike ja valmistuksessa syntyvä kakkoslaatu, ja siksi kaikissa puhalluskivivilloissa on sideainetta ja hieman pölyä sitovaa öljyä. Raaka-aineet jauhetaan kaksivaiheisesti puhallusvillaksi. Puhalluslaitteistoon kuuluu esipöyhijä, repijä ja lokerosyöttäjä ja kompressorit tuottaa tarvittavan paineilman. Voimanlähteenä on pieni dieselmoottori. Laitteisto on tavallisesti sijoitettu kuorma-autoon (Saarenpää ym. 1994, 18).



Kuvio 13. Kivivillan tuotantokaavio (Murphy & Norton 2008).

4.3 Mineraalivillojen valmistuksen ja käytön nykytila

Saint-Gobain rakennustuotteet Suomessa valmistetaan Hyvinkäällä ja Forssassa. Tehtaiden tuotantomäärät ovat vuodessa 50000 tonnia lasivillatuotteita lämmöneristämiseen ja äänenvaimennukseen. Raaka-aineesta on 80 % kierrätyslasia. Tuotemerkeinä ISOVER-rakennuseristeet, ISOTEC-tekniset eristeet ja ECOPHON-akustiikkatuotteet (Isover 2011).

Paraisten mineraalivillatehdas valmistaa kivivillasta seuraavia Paroc vuorivillatuotteita: pehmeitä eristeitä, tuulensuoja-, palosuoja-, betonirakenne-, seinä-, rappausalus-, katto-, askelääni-, lattia- sekä puhallus- ja irtoeristeitä. Tuotteet tulevat pääosin rakennusaineteollisuuden ja telakkateollisuuden käyttöön. Valmistettujen tuotteiden keskitiheys on noin 70 kg/ m^3 ja sideainepitoisuus on noin 3,5 painoprosenttia. Tehtaan tuotantokapasiteetti vuonna 2007 oli 70500 tonnia vuorivillaeristeitä. Parocilla on tehtaat Paraisilla, Lappeenrannassa ja Oulussa (Parsama & Rainio 2009).

Knauf Insulation on osa Knauf yrityskonsernia, joka valmistaa muun muassa mineraalivillaeristeitä. Heillä on maahantuontia, markkinointia ja myyntiä Suomessa, mutta ei valmistusta. Knauf on tuonut mineraalivillamarkkinoille uutuutena lasi- ja kivivillan, jonka sideaineena on formaldehyditon sitomistekniikka. Aine on nopeasti uusiutuva orgaaninen, reagoimaton polymeeri, joka tekee tuotteesta neutraalin hajuisen, pehmeämmän ja vähemmän pölyävän. Uuden menetelmän nimi ECOSE® Technology (Knauf Insulation 2011). Valtaosa kaikkien valmistajien tuotteista kuuluu sisäilmapäästöluokitus M1- ryhmään.

4.4 Mineraalivillan ominaisuudet

Mineraalivilla on kimmainen aine, joka palautuu kokoonpuristumisen jälkeen muotoonsa. Painuma ei enää palaudu kokonaan, jos kuitujen välinen sidos tai kuidut murtuvat. Villan puristuslujuus riippuu tuotteen tiheydestä, paksuudesta, kuitusuunnasta ja sideainepitoisuudesta. Yleensä puristuslujuus on vähäinen erikoistuotteita lukuun ottamatta. Puristuslujuus suurenee ja kokoonpuristuvuus pienenee tiheyden ja sideainepitoisuuden kasvaessa. Mineraalivillan vetolujuus on suurin kuitujen suunnassa. Mineraalivilla on tarkoitettu lähinnä tasaisten pintojen eristämiseen, mutta pehmeä villa sopii myös taivutettuihin pintoihin. Taivutettaessa on otettava huomioon villan kokoonpuristuminen ja eristepaksuuden pieneneminen. Mineraalivilla joustaa rakenteiden liikkeitä vastaavasti (Leppävuori ym. 1979, 307 – 309; Siikanen 1994, 231 -233).

Mineraalivillan hyvä lämmöneristyskyky perustuu kuitujen väliin jäävään ilmaan. Paikallaan pysyvä, liikkumaton ilma on huono lämmönjohdin. Kuitujen väliin jäävä

ilma on noin 95 % mineraalivillan tilavuudesta. Kuivassa villassa lämpö siirtyy rakenteessa johtumisena, säteilynä ja konvektiona (Leppävuori ym. 1979, 310; Siikanen 1994, 233).

Huokoinen mineraalivilla läpäisee ilmaa. Mineraalivillan lämmöneristävyys perustuu ilman liikkumattomuuteen, joten ilman liikkeet on estettävä eristekerroksessa. Pehmeät villat eivät toimi seinärakenteessa ilman tuulensuojaa. Jäykkien mineraalivillojen tiheys tekee niistä ilmaa läpäisemättömiä, joten niitä voidaan käyttää ilman tuulensuojaa tai tuulensuojamateriaalina (Siikanen 1994, 234).

Verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin mineraalivillan vesihöyrynläpäisevyys on suuri. Villa ei sido kosteutta kuitujensa avulla, joten vesi on eristeessä ilmassa olevana höyrynä. Vesihöyry kulkee mineraalivillan läpi tiivistymättä. Vesihöyry tiivistyy sisältäpäin rakennuksesta ulospäin tultaessa vasta eristysten kylmemmällä puolella ensimmäisessä kylmässä pinnassa. Tätä estämään mineraalivillalla eristettyyn rakennukseen tulee sijoittaa höyrynsulku eristeen lämpimälle puolelle. Tämä ominaisuus tulee ottaa huomioon rakenteita suunnitellessa.

Mineraalivilla ei kutistu eikä turpoa kosteuspitoisuuden vaihdellessa, koska kuitu ei ime vettä. Ilman suhteellisen kosteuden vaihtelut eivät vaikuta mineraalivillan eristämiskykyyn. Veteen upotettuna villa imee ja säilyttää suuria vesimääriä. Kostean tai märän mineraalivillan eristysominaisuudet heikkenevät voimakkaasti. Mineraalivillan tyyppihyväksyntä määrittää villan kosteusprosentiksi ≤ 0.5 % (Kaila 1997, 503; Leppävuori ym. 1979, 310; Siikanen 1994, 234).

Normaalisti valmistettu mineraalivilla luokitellaan palamattomaksi, sillä kuidut ovat palamattomia mutta sideaineet ja öljy ovat palavia. Niitä on 1 -3 % villan painosta. Sideaine alkaa haihtua 200 C^o:ssa, ja 250 C^o:ssa se on kokonaan haihtunut. Sideaine on haihtuessaan myrkytöntä. Vaativiin lämmöneristyskohteisiin valmistetaan mineraalivilloja, joissa ei ole ollenkaan sideainetta. Näiden käyttölämpötila on 700 C^o (Leppävuori ym. 1979, 312; Siikanen 1994, 234).

Mineraalivilla on kemiallisesti passiivinen materiaali, joka kestää hyvin orgaanisia aineita sekä kohtuullisen happamia ja emäksisiä liuoksia. Villa muodostaa

rakenteessa veden kanssa kylmän metallin pintaan helposti korroosiota, koska villa läpäisee vesihöyryn helposti. Villan kanssa kosketuksiin joutuvan metallin täytyy olla korroosiolta suojattu (Leppävuori ym. 1979, 313; Siikanen 1994, 234).

Kirjallisuuden perusteella mineraalivilloihin liittyy lahottajasieniriski puurakenteiden lahovaurioiden yhteydessä. Kosteusrasituksen kasvaessa (esim. vesivahinko alapohjassa) lahottajasienet voivat levitä puurakenteista lämmöneristeisiin. Kivivilla edistää lattiasienen aktiivisuutta otollisissa olosuhteissa mahdollisesti kivivillasta helposti liukenevan ainesosan, kalsiumin, vuoksi. Lattiasienen tuottama oksaalihappo hajottaa kivivillaa jauheeksi. Kivivilla edistää myös kellarisienen aiheuttamaa lahoamista. Lahottajasienien kasvaminen mineraalivillaeristeissä myös lisäsi eristeiden vesipitoisuuden moninkertaiseksi heikentäen siten eristeiden lämmöneristyskykyä (Paajanen, Ritschkoff & Viitanen 1994, 3).

Mineraalivillojen (rakennuseristeet, yleiseristeet) teknisiä tietoja (Leppävuori ym. 1979, 307- 312, Isover 2011).

- lämmönjohtavuus tuotteesta riippuen alkaen $\lambda_{10} = 0.031 \text{ W/mK}$
- tiheys 15- 400 kg/m³ raaka-aineesta ja valmistusmenetelmästä riippuen
- ilmanläpäisevyys $\square 390 - 920 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m.s Pa}$ (mineraalivilla 13 mm ja 30 mm)
- paloluokka A1 ja A2-s1
- rakennusmateriaalien päästöluokka M1

Yhdysvalloissa. (Boncamper 2004, 306–308; Koleva; Tampereen teknillinen yliopisto 2010, 70-78; Höök 2010.)

5.3 Polypropeenikuidun ominaisuudet ja käyttö rakentamisessa

Polypropeeni on kevyt ja luja kuitu, jolla on hyvä väsymis-, kulumis- ja kemiallinen kestävyys. Se kestää hyvin liuottimia, emäksiä ja happoja. Hapettimilla, kuten typpi- ja rikkihapolla, on kuitenkin vaikutusta siihen. Polypropeenilla on esimerkiksi polyeteenejä voimakkaampi vanhenemistaipumus. Polypropeenin rakenteessa olevien tertiääristen hiilien vuoksi se on herkkä hapelle. Vanheneminen alkaa nopeasti ja vaikuttaa huonontavasti polypropeenin mekaanisiin ominaisuuksiin. Tämän takia polypropeenissa käytetään usein stabiilattoreita. Auringonvaloa polypropeeni kestää monia muita muoveja heikommin. Polypropeenin haurastumislämpötila (kylmänkestävyys) on $-5-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Polypropeenin fysikaalisia, mekaanisia ja termisiä ominaisuuksia on esitetty oheisessa taulukossa (TAULUKKO 1).

Tiheys (g /cm ³)	0,9 – 1,24
Veden absorptio (%)	0,01 – 0,1
Vetomurtolujuus (MPa)	17,9 – 70
Vetolujuus (MPa)	25 – 69
Murtovenymä (%)	1 – 45
Myötövenymä (%)	1,5 – 2,2
Taivutuslujuus (MPa)	54 – 103,1
Puristuslujuus (MPa)	90
Lineaarinen lämpölaajenemiskerroin (+20 °C) ($\mu\text{m/m}^{\circ}\text{C}$)	25 - 185
Lämpökapasiteetti (J/g°C)	2

Lämmönjohtavuus (W/m ² K)	0,1 – 0,13
Sulamispiste (°C)	130 – 168

Taulukko 1. Polypropeenin ominaisuuksia (Koleva)

Polypropeenikuitu ei käytännössä ime kosteutta (Vedenabsorptiokyky % 0,01 - 0,1). Kuidun eduksi vaatetuskäytössä mainitaan sen kosteudensiirtokyky ja nopea kuivuminen. Puhdas polypropeenin on pölyämätöntä ja fysiologisesti vaaratonta. Synteettisenä materiaalina polypropeenin ei sisällä ravinteita mikrobeille tai tuhohyönteisille. Kuitu voidaan kierrättää rakeistamalla ja kehräämällä uudelleen kuiduksi, jatkokäyttää puristetuotteena tai polttaa energiajakeena. (Boncamper 2004, 306–308; Koleva; Tampereen teknillinen yliopisto 2010, 70-78; Höök 2010)

Tilkkeeksi soveltuvan polypropeenirakennusnauhan valmistajia on Suomessa useita. Rakennusnauhan pääasiallinen käyttökohde on uusien ja vanhojen hirsirakennusten liitosten tiivistäminen. Saumatiivistettä käytetään myös erilaisten elementtirakenteiden saumaamiseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää ikkuna- ja ovikarmien tiivistämiseen, koolauseristeenä sekä esimerkiksi lattiarakenteissa. Nauhaa on saatavana useissa eri leveyksissä ja tiheyksissä. Osalta valmistajista on myös saatavana määrämittaan muotoiltuja paloja käytettäväksi esimerkiksi kulmissa ja nurkissa. Valtaosa kotimaisista valmishirsitalo- ja valmishirsitalovalmistajista käyttää nykyisin rakennuksissaan polypropeenisaumatiivistettä. Valmistajien mukaan saumanauhat täyttävät kansainväliset paloturvallisuusvaatimukset (ISO 11925-2). Eräiden valmistajien polypropeenisaumaeristeille on myönnetty Allergia- ja Astmaliiton yhteistyötunnus ja M1-sisäilmaluokitus.

Polypropeenin saumatiivisteen ilmanläpäisevyyttä, kosteusteknisiä ominaisuuksia ja lämmönjohtavuutta on tutkittu VTT:n toimesta. VTT:n testissä koeseinään asennetun polypropeenin ilmanläpäisy oli verrokkimateriaaleja lasivillarivettä ja puukuiturivettä suurempi, joskin erot materiaalien välillä eivät olleet suuria. Vedenimu- ja kuivumiskokeissa polypropeenin nauhan todettiin imevän vettä vähemmän ja kuivuvan nopeammin kuin lasivilla- ja puukuitumateriaalit (Riipola 1996; Mähönen & Hyttinen, 2006). Polypropeenikuidusta valmistetut saumanauhat ovat verrattain uusia tuotteita rakentamisessa, joten niiden vanhenemisominaisuuksia ei vielä käytännössä tunneta.

6 PUUKUITUERISTE

6.1 Puukuitueristeen kuvaus

Puukuitueristeitä käytetään rakennusten lämmöneristeenä sekä uudisrakennuksissa että korjausrakentamisessa (Sepa Oy/ Vital Finland 2011). Puukuitueristeet on valmistettu happivalkaistusta sellu- ja viskoosikuidusta. Sellukuitu on valmistettu männystä ja viskoosikuitu kuusiselluloosasta. Tuotteessa kuidut muodostavat satunnaisesti järjestäytyneen ristikkorakenteen. Kuitujen sideaineena on CMC-liima (selluloosajohdannainen selluloosaeetteri, karboksimeetyliselluloosa), joka on vesiliukoista. Puuhun verrattuna eristeessä on tiheyden perusteella kymmenkertainen ilmatilavuus (Junes 1999, 7).

Lisäaineena käytetään boorimineraaleja, jotka antavat tuotteelle palonkestävyyttä ja biologisen suojan. Lisäaineen kauppanimi on Vital- protect, ja se on boorihapon, boorimineraalien ja pinta-aktiivisten reagenssien neutraali vesiliuos. Boori lisätään tuotteeseen nestemäisenä, jolloin se imeytyy ja levittyy tasaisesti eristemassaan (Junes 1999, 7; Koskinen 2000).

6.2 Puukuitueristeen valmistuksen historia ja tietous

Suomessa ryhdyttiin kehittämään ja valmistamaan, tuotenimellä Vital, puukuitueristettä 1995 kemiläisessä Aislo oy -yrityksessä ja tuotteelle haettiin patenttisuoja. Puukuitueriste palkittiin Innosuomi palkinnolla 1997 (Sepa Oy/ Vital Finland 2011).

Vital-eristeitä valmistetaan levymitoissa 565 x 870, paksuus vaihtelee 30-150 mm:iin. Levyä voidaan käyttää ulkoseinien eristämiseen, yläpohjan ja lattian eristämiseen ja lisäeristämiseen.

Tilkintään käytettävää eristenauhaa valmistetaan 2-10 mm paksuisena ja sen leveys vaihtelee 20-200 mm:iin. Nauhaa käytetään hirsitalojen riveenä, saumaeristeenä. Nauha kiinnitetään nitojalla tai määrämittäisenä varauksen pintaan, raot tilkitään puulastalla tai tilkeraudalla käsin. Muita nauhan

käyttökohteita ovat ikkuna- ja ovisaumojen tiivistys, perustuksen ja ulkoseinien välisten rakenteiden tiivistys, kaksoisrankatolppien välinen eristäminen ja puisten ulkoseinäelementtien saumaeristäminen.

6.3 Puukuitueristeen ominaisuudet

Eristettä voidaan käyttää kosteuspuskurina tasaamaan sisäilman kosteusvaihteluita, koska puukuitu sitoo ja luovuttaa vesihöyryä puun tavoin. Hengittävä rakenne läpäisee vesihöyryn lisäksi myös muita kaasuja, kuten hiilidioksidia, joten huoneilman kaasumaiset epäpuhtaudet poistuvat osaltaan myös tätä kautta. Eriste myös kuivuu ja kostuu kohtuullisen nopeasti. Kosteuden vaihtelut vaikuttavat kuitenkin puukuidun mekaaniseen käyttäytymiseen. Se turpoaa ja kutistuu voimakkaasti kosteuden vaihdellessa, ja tätä ilmiötä ei voida täysin selittää puun käyttäytymisen teorialla. Eristeen kosteuskäyttäytyminen voi aiheuttaa painumista ja rakoutumista, jos esipuristumalla aiheutettu jännitys katoaa eristelevyistä kosteuspitoisuuden vaihtelun seurauksena. Tämä ominaisuus täytyy ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa (Junes 1999, 73).

Puukuitueriste mahdollistaa höyrynsuluttomat rakenteet asuinhuoneissa. Sisältämänsä booriyhdisteiden vuoksi eriste hidastaa ja estää lahottaja- ja homesienien kasvua eristeessä ja siihen suoraan kosketuksissa olevissa rakenteissa, esim. varauksessa. Samalla eriste on myös palosuojattu, paloluokka on E (Junes 1999, 73; Ritschkoff & Viitanen 2000, 1,3; Sepa Oy/ Vital Finland 2011).

VTT:n tutkimusten mukaan booriyhdisteitä sisältävät lämmöneristeet estävät lahottajasienien kasvua eristeessä ja siihen kosketuksissa olevaan puumateriaaliin. Puuhun diffundoituu sienten kasvua estävää booria (Paajanen ym. 1994, 60- 62).

Eriste on painumaton (oikein toteutetut rakenteet) ja sitä on miellyttävä käsitellä, koska se ei kutita eikä kirvele. Puukuitu levyn leikkaamiseen tarvitaan erittäin terävät työkalut sitkeän kuidun vuoksi. Eristeen työmaa-aikaiseen varastointiin

pitää kiinnittää erityistä huomiota, jotta eriste säilyy puhtaana ja ehjänä (Junes 1999, 8; Sepa Oy/ Vital Finland 2011).

Eristeillä on hyvä lämmöneristyskyky ja pieni ilmanläpäisevyys. Tuotteet on luokiteltu pintamateriaaliluokkaan M1. Niillä on myös CE- ja SFS- tuotesertifiointi merkinnät.

Uutuutena Vital eristeisiin on tullut syksyllä 2010 Vital Plus -eriste. Eriste on Termex – Eriste Oy:n ja Sepa Oy Vitalin yhteistyönä syntynyt kotimainen kierrätyspahvista valmistettu puukuitueriste Termexin tuotenimi on e – Levy (Sepa Oy/Vital Finland 2011, Termex –Eriste Oy 2011).

Valmistajien ilmoittamia puukuitueristeen teknisiä ominaisuuksia

- lämmönjohtavuus $\lambda_{10} = 0.037 \text{ W/mK}$
- ilmanläpäisevyys $\alpha : 45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- rakennusmateriaalien päästöluokka M1
- palonkesto Vital protect suoja-aineella paloluokka E
- eristeen tiheys n. 50 kg/m^3 (Junes 1999, 71)
- hyvä äänenvaimennuskyky
- suojattu biologiselta kasvulta

Kokonaishyödyntäminen tarkoittaa tuotantojärjestelmää, jossa mahdollisimman suuri osa tuotetusta biomassasta otetaan talteen ja jakeistetaan eri käyttötarkoitusten mukaan esim. food (ruoka), feed (rehu) ja non-food (muu kuin ruoka) (Pasila ym. 1998, 1).

Elinkaariarviointi (LCA- life cycle assesement) käsittelee tuotteiden ympäristönäkökohtia ja niihin liittyviä potentiaalisia ympäristövaikutuksia tuotteen koko elinkaaren ajan. Se sisältää raaka-aineen hankinnan, tuotannon, käytön, käytöstä poiston, kierrätyksen ja jätteiden loppusijoituksen (ns. kehdestä – hautaan) LCA -selvitys rakentuu neljästä eri vaiheesta (SFS-EN ISO 14040: 2006, 8).

Elinkaarianalyysi tarjoaa käyttöön yhden työkalun, jolla saadaan kokonaiskuva esimerkiksi tuotteiden välisistä ominaisuuksista niiden ympäristövaikutuksia määriteltäessä. Analyysin perusteella voidaan valita paras mahdollinen tuote. Elinkaarianalyysiä käytetään yleisesti tukemaan päätöksentekoa ja apuvälineenä tuotetun tiedon käsittelyssä (Vertanen 1993, 11, 22).

Kaikki rakennusten eristämiseen käytettävät materiaalit edistävät energian säästöä ja siten vähentävät kasvihuoneilmiön aiheuttamispotentiaalia (GWP_{100}). Uusiutuvien luonnonkuitueristeiden (NFI – Natural Fibre Insulation materials) käytön suurin ympäristöhyöty on kierrätettävyyden ohella niiden CO_2 -neutraalius. Luonnonkuidut voidaan hävittää kompostoimalla, pyrolyysillä tai kaasuttamalla, ilman että ne lisäävät ilmakehän hiilidioksidipäästöjä (Murphy & Norton 2008, 2; Koivula & Vilppunen 2003, 10). Palamisessa syntyy hiilidioksidia korkeintaan aiemmin varastoidun verran, joten uusiutuvan materiaalin polttaminen on hiilineutraalia (Beyer ym. 2010, 13).

Yksi kuutiometri puuta sitoo elinaikanaan 0,9 tonnia hiilidioksidia ilmakehästä, ja muita rakennusmateriaaleja korvaava puukuutiometri vähentää ilmakehän CO_2 -päästöjä noin 1,1 tonnia eli jokainen puukuutiometri sitoo keskimäärin kaksi tonnia hiilidioksidia. Myös puupohjaiset - ja luonnonkuitueristeet toimivat hiilivarastona koko elinkaarensa ajan. Esimerkiksi kierrätyspahvista valmistettua eristemateriaalia varten ei tarvitse kaataa yhtään puuta, ja eriste voidaan kierrättää

uudelleen tai kompostoida, jolloin tuotteen hiilijalanjälki jää kevyeksi (Beyer ym. 2011, 12, 15; Termex 2001).

Uusiutuvista luonnonkuiduista valmistettujen tuotteiden valmistaminen vaatii huomattavasti vähemmän energiaa kuin perinteisten eristysmateriaalien valmistusprosessit (Koivula & Vilppunen 2003, 10).

Suomessa ennakoidaan korjausrakentamisen kasvun ja energiakorjauksien tarkoittavan rakennemuutosta koko rakennusteollisuuteen. Korjausrakentamisen haasteet edellyttävät korjausrakentamiseen erikoistuneiden osaajien osaamisalueen uudelleenarviointia sekä uusien toimintamallien ja tuotteiden kehittämistä (Salminen 2009, 44).

Vuodesta 2012 alkaen rakennuksen eko- ja energiamääräykset tulevat perustumaan kokonaisenergiatarkasteluun ja yksittäisten rakennusosien merkitys vähenee. Pääperiaatteena tulee olemaan rakennuksen käsittely osiensa summana eli kokonaisuutena (Behm & Häkkinen 2010, 34).

Vanhojen rakennusten muuttaminen energiatehokkaiksi on haastavaa eikä aina ollenkaan mahdollista. Siksi voidaan ajatella, että uudet, energiaa säästävät rakennukset säästävät energiaa vanhojenkin edestä. Tavoitteena voisi olla, että uuden rakennuksen avulla pelastamme aina yhden vanhan (Niemi 2009, 58).

LÄHTEET

Ajanmukaisia huoneistoja vuorotyöläisille. 1949. P&K Uutisia 2, 9.

Aminoff, I. 1916. Lämpöisiä asuntoja Rakennustaito 12-13.

Alarinta, J., (toim.)1995. Pohjanmaan pellava- ohjelma vuosille 1995-1999. Seinäjoki: Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Seinäjoki. Raportteja ja artikkeleita. 38.

Asp G. E. 1903. Huonerakenteiden-oppi: Puurakenteita. Turku: Turun Suomalainen Kirjapaino.

Ax, J. E. 1896. Ulkokuonerakennuksista Lopella. Helsinki: Suomen Kirjallisuuden Seura.

Behm, K.; Häkkinen, T. 2010. Hirsitalotoimialan ekokilpailukyky tarkastelu – hirsitalomallin puumateriaalien elinkaariarviointi käsittäen hiilijalanjäljen, energiataseen ja päästöt. [verkkajulkaisu]. Tutkimusraportti VTT – R- 04737 - 10. [Viitattu 22.4.2011] Saatavana: http://www.kontio.fi/files/hirsitalotoimiala_raportti_2010.pdf

Beyer, G., Defays, M., Fischer, M., Fletcher, J., de Munck, E., de Jaeger, F., Van Riet, C., Vandewenghe, K. & Wijnendaele, K. 2010. Toimi ilmaston puolesta: Käytä puuta. Suomenkielinen käännös. www.puuinfo.fi [verkkajulkaisu]. [viitattu 24.4.2011]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/toimi-ilmaston-puolesta-kayta-puuta/toimi-ilmaston-puolesta-web.pdf>

Boncamper, I. 1996. Tekstiilioppi: kuituraaka-aineet. 4. korj. p. Tampere: FVK. Julkaisusarja. B3.

Boncamper, I., 1999, Tekstiilioppi Kuituraaka-aineet. Hämeen ammattikorkeakoulu, julkaisu C:20.

Edblom, L. 2004. Långhus i Gene. Teorier och praktik i rekonstruktion. Studia Archaeologica Universitatis Umensis 18. Umeå.

Eskola, E., Norrholm, H., Pasila, A. & Sankari, H. 2001. Kuitupellavan viljelymonipuolistuva kuidun hyödyntäminen lisää korjuuvaihtoehtoja. Forssa. Työtehoseuran maataloustiedote 4 (533).

Glime, J.M. Economic and Ethnic Uses of Bryophytes. [.pdf]. University of Harvard. [Viitattu 7.1.2011] Saatavana:

<http://flora.huh.harvard.edu/FloraData/001/WebFiles/fna27/FNA27-Chapter2.pdf>

Grotenfelt, G., 1913. Pellavan viljelemisestä ja valmistamisesta. Lyhykäisiä ohjeita. Porvoo. WSOY.

Haanpää, P. 1929. Hota-Leenan poika. Kansanvalta.

Hast, N.B. 1939. Lasivillamatto välipohjien ääneneristysaineena. Rakennustaito 2, 20- 24.

Heikkinen, M. 2009. Vanhan talon eristeistä. [Verkkosivu. .html] Helsinki: Museovirasto. [Viitattu 16.11.2010] Saatavana: http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Vanhan_talon_eristeista%20/

Heino, A., Kauriinvaha, E., Pasila, A. ja Pehkonen, A. 2000. Öljypellavasta ja kuituhampusta valmistetun puhalluseristeen painuminen kevyissä seinäelementeissä. HY. Maatalousteknologian julkaisuja 29.

Hiekkanen, M. 2001. Domestic Building Remains in Turku, Finland. Lübecker Kolloquium zur Stadtarhäologie im Hanseraum III: Der Hausbau. Lübeck.

Hotanen, J.-P. 2000. Rahkasammalet. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Helsinki: Tammi.

Huonerakennusten rakentamisohjeita: Valtionrautatiet. 1930. Helsinki: Valtioneuvoston Kirjapaino.

Härkäsalmi, T. 2008. Runkokuituja lyhytkuitumenetelmin kohti pellavan ja hampun ympäristömyönteistä tuotteistamista. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino oy. Taideteollisen korkeakoulun julkaisusarja A90.

Högnäs, P-O. 1994. Att bygga med liggande timmer: traditioner kring knuttimringsteknik på Åland. Åländsk Odling 54.

Höök, T., 2010, ValuAtlas ja CAE DS – Muotin suunnittelu; Polymeerimateriaalit 12.1.2010. [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf]

Ihatsu, E. 2005. Multapenkki. [Teoksen verkkoversi .pdf]. Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskus. [Viitattu 12.12.2010]. Saatavana: www.ouka.fi/pora/tietopankki/multapenkki.pdf

Isolina oy. Yrityksen verkkosivut. Huhtikuu 2011. [Viitattu 9.4.2011]. Saatavana:
[http:// www.isolina.com](http://www.isolina.com)

Isover Oy. Yrityksen verkkosivut. Tammikuu 2011. [Viitattu 14.1.2011] Saatavana:
<http://www.isover.fi/>

Isover sanomat. 2002. [Viitattu 14.1.2011] Saatavana:
http://www.isover.fi/files/files/sanomat_02.pdf

Jokelainen, J. 2005. Hirsirakenteiden merkitys asema-arkkitehtuurille 1860-1950. Oulu: Oulun yliopisto.

Jokelainen, J. 2010. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti 21.9.2010].

Jokelainen, J. 2010b. Suullinen tiedonanto. 21.12.2010.

Junes, Markus. 1999. Vital -lämmöneristelevyn kosteustekniset ominaisuudet. Oulu. Oulun yliopisto.

Junttila, J., Pasanen, J. & Teppo, J. (s.a). 1972. Tukkikämppiä ja ruukinpiirtejä Lapin savotoilta ajalta 1880 -1930. Oulun yliopiston arkkitehtiosaston rakennustaiteen historian laitos/ Lapin Metsämuseoyhdistys ry.

Järvenpää, M., Salo, R. (toim.).2000. Pellavan monet mahdollisuudet. Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamat pellavahankkeet 1995- 2000. Jokioinen. Vammalan kirjapaino.

Kaila, P. 1997. Talotohtori. Rakentajan pikkujättiläinen. Porvoo. WSOY

Kaila, P. 1997, Talotohtori. 13. painos. Helsinki: WSOY.

Kanta-Oksa, R., 1992. Uusi pellavakirja. 2 painos. Sonkajärvi. Ylä-Savon Instituutti.

Kanta-Oksa, R. 1999. Kuitupellavan tuotantojärjestelmä. Alkutuotannon laadun varmistaminen ja kehittäminen. Sonkajärvi. Ylä- Savon Instituutti. Koulutusraportteja.

Karjalan kielen sanakirja. 2009. Torikka M. (toim) [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Kotimaisten kielten tutkimuskeskus. [Viitattu 12.10.2010]. Saatavana:
http://kaino.kotus.fi/cgi-bin/kks/kks_etusivu.cgi

Kaukonen, T-I. 1946. Pellavan ja hampun viljely Suomessa. Kansatieteellinen tutkimus. Helsinki: Kirjapaino- Osakeyhtiö Sana. Suomen Muinaismuistoyhdistys. Kansatieteellinen arkisto VII.

- Keinänen, W. 1949. Rakennusopin tietokirja ammattikouluja sekä itseopiskelua varten: II osa puurakenteet ja katon kannatukset. Faksimilepainos 2001. Helsinki: WSOY.
- Koleva, M. & Nykänen, S. (Käännös) CAE DS – Muovit; Polypropeeni. [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf]
- Korhonen, M., Martikainen, P. 2009. Ketunmaan opinahjo [Verkkosivu]. [Viitattu 14.10.2010]. Saatavissa: <http://www.ketunmaa.com/?page=scp1>
- Knauf Insulation Oy. Yrityksen verkkosivut. Tammikuu 2011. [Viitattu 14.1.2011] Saatavana: <http://www.knaufinsulation.fi/default.aspx>
- Koivula, S, Vilppunen, P. 2003. Kansallinen pellavaohjelma. Esiselvitys. Julkaisematon.
- Korhonen, T. 2004. Muuttuva maaseutu. Historiallinen maatalous. [verkkojulkaisu]. Helsingin yliopisto. Humanistinen tiedekunta. Kulttuurien tutkimuksen laitos, kansatiede. [viitattu 12.4.2011]. Saatavana: http://www.helsinki.fi/kansatiede/histmaatalous/kaskenviljely/kaskikuvat/pellavat.gif&imgrefurl=http://www.helsinki.fi/kansatiede/histmaatalous/kaskenviljely/kylv.o.htm&usq=__TspPYLrrVe32dtllbdy5_dNh-0=&h=287&w=290&sz=6&hl=fi&start=33&zoom=1&itbs=1&tbnid=4XGgVwGVd3w2zM:&tbnh=114&tbnw=115&prev=/search%3Fq%3Dpellava%26start%3D20%26hl%3Dfi%26sa%3DN%26rls%3Dcom.microsoft.*%26ndsp%3D20%26tbn%3Disch%26prmd%3Divns&ei=JO2vTeOmNMeo8AP8iuXqCw
- Kortesmaa, A., Kymäläinen, H-R., Lehto, M. ja Vettenranta, M-L. 2005. Agrokuituverkosto. Kuitukasvien viljelijöiden, jatkojalostajien ja tutkijoiden yhteistyöverkosto alan toiminnan tukemiseksi ja kehittämiseksi. Hankkeen loppuraportti. MMTEK julkaisuja 19.
- Koskinen P. 24.8.2000. RTE4055/00 Liite. Suoja-aineen tehokkuuden testaus, käytännön rasitusoloja simuloiva kammio koe. [viitattu 17.1.20011] Saatavana: http://www.vitalfinland.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=1368&name=file
- Kuitupellavan ja – hampun jalostustukiohjeet. 2010. [Verkkojulkaisu]. Maaseutuvirasto. [viitattu 17.4.2011]. Saatavana: http://www.mavi.fi/attachments/mavi/viljelijatueto/oppaat/energiatueto/5qzTyFUnW/Kuitupellava_ja_-hamppu_ohje_2010.pdf
- Kykyri, M. 1995. Historical development of the timber construction tradition in Finland: an archaeological survey. Karhunhammas.
- Kykyri, M. & Seppänen, L. (toim.) 2003. Puurakentaminen Turun kaupungissa: Kaupunkia pintaa syvemältä, Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan. Archaeologia MediiAeviFinlandiae IX. Turku.

- Kymäläinen, H-R., Sankari, H., Hautala, M., Pasila, A. & Pehkonen, A. 2002. Kuidussa on imua. Helsinki: Yliopistopaino. MMTEK- Julkaisuja 10.
- Kymäläinen, H-R. 2003. Pellavan ja kuituhampun soveltuvuus teknologisiin tuotteisiin. Helsinki: Yliopistopaino. MMTEK- Julkaisuja13.
- Kärkinen, H. & Hakala, I. 2003. Ympäristölupapäätös. [Verkkoasiakirja]. Uudenmaan ympäristökeskus. [viitattu 14.1.2011]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=18376>
- Lasivilla, sen valmistus ja käyttö. 1948. Rakennustaito 10. 43 vuosikerta. Rakentajain aikakauslehti.
- Leppävuori, E., Prokki, H., Kanerva, P. & Vähäkallio, P. 1979. Rakennusaineet. Kolmas muuttumaton painos. Helsinki. Otatieto.
- Lindén, B-E. 1953. Vuorivilla. P&K Uutisia 2, 9.
- Muovit vaatetustekniikassa 31.3.2010 Tampereen Teknillinen yliopisto [<http://www.tut.fi/plastics/polyko/materiaalit/LAMK/LPDF/2.pdf>]
- Murphy, R. Norton, A. 2008. Life Cycle Assessmentns of Natural Fibre Insulation materials. Final Report. [verkkojulkaisu] [viitattu 22.4.2011]. Saatavana: <http://www.nnfcc.co.uk/tools/lcas-of-natural-fibre-insulation-materials-nnfcc-07-007>
- Mähönen, T. & Hyttinen, H., 2006, PP-Rakennusnauhan lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden määrittäminen eri tiheyksissä. Espoo: VTT.
- Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A-M. & Saarenpää, J. 1990. Kerrostalot 1940- 1960. Porvoo. Rakennuskirja.
- Niemi, O. 2009. Ympäristötalkoiden lähtökohdat ja rakennusalan rooli. Teoksessa Junnila, S. (toim.) Rakentamisen energiatulevaisuus. Helsinki. Edita Prima Oy. Sitran raportteja 84.
- Norrholm, H., 2001. Kuitupellavan viljely. Tiedotteessa: Kuitupellavan viljelymonipuolistuva kuidun hyödyntäminen lisää korjuuvaihtoehtoja. Forssa. Työtehoseuran maataloustiedote 4/2001 (533).
- Oijala, M. 1999. Rakennusaineet. Ekologinen käsikirja. Saarijärvi. Rakennusalan kustantajat RAK.
- Orola, U. 1946. Rakennusten korjaus ja kunnossapito. Helsinki

- Paajanen, L., Ritschkoff A-C. & Viitanen, H. 1994. Lämmöneristeidenmerkitys rakennusten biologisissa vaurioissa. Espoo. VTT.
- Parsama, M- T. & Rainio, K. 30.1.2009. Ympäristölupapäätös. [Verkkoasiakirja] Lounais-Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 14.1.2001] Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=98064&lan=fi>
- Pasila, A., Pehkonen, A., Lalli, J., Pehkonen, T & Sihvola, J. 1998. Kasvikuitueristeen tuotannon koneketju. Tutkimushanke ”Biokuidun käyttö lämmöneristeenä”. Helsinki. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Maatalousteknologian julkaisuja 23.
- Pasila, A. 2001. Pellavakuidun kevätkorjuu. Tiedotteessa: Kuitupellavan viljely - monipuolistuva kuidun hyödyntäminen lisää korjuuvaihtoehtoja. Forssa. Työtehoseuran maataloustiedote 4/2001 (533).
- Paulaharju, S. 1906. Kansatieteellinen kuvaus asuinrakennuksista Uudellakirkolla Viipurin läänissä. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- Paulaharju, S. 1921. Kolttain mailta. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Kirja.
- Pinkka. 2003-2004. Kasvituntemus I - Sammalet. [Verkkosivu]. Helsingin yliopisto. [Viitattu 07.12.2009]. Saatavana: <http://www.helsinki.fi/pinkka/> ; <http://www.helsinki.fi/biosci/pinkka/pinkat/HY/kasvi-jakala/sammalet.htm>
- Rakennustaito.1905. Näytenumero, näköispainos. Suomen rakennusmestariiliiton ammattilehti.
- Rakennustaito 1927:16
- Rakennustaito. 1953. Numero 7. 48 vuosikerta. Rakentajain aikakauslehti.
- Rakennustaito. 1953. Numero 8. 48 vuosikerta. Rakentajain aikakauslehti.
- Rakennustaito. 1953. Numero 9. 48. vuosikerta. Rakentajain aikakauslehti.
- Ranki, T. 2007. Savirakennukset ja niiden korjaaminen. Turku. [http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ja_korjaaminen.pdf]
- Riipola, K., 1996, Hirsi-rive-pintakäsittely: Kolmen komponentin kosteustekniikka. Espoo: VTT Rakennustekniikka.
- Rikkinen, J. 2008. Jäkälät ja sammaleet Suomen luonnossa. Helsinki: Otava.
- Rissanen, R. & Viljanen, M. 1998. Kasvikuitupohjaiset materiaalit lämmöneristeinä. Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 77. Espoo. VTT.

- Ritschkoff, A- C. & Viitanen, H. 2000. Vital- eriste- ja puumateriaaliyhdistelmien homeen kestävyys vakioiduissa laboratorio-olosuhteissa. [viitattu 17.1.2001]
Saataavana: http://www.vitalfinland.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=1369&name=file
- Roininen R.H. 1957. Kirvestyöt. Helsinki: Rakentajan kustannus.
- Saarenpää, J., Hyödynmaa, M., Enbom, S & Säämänen, A. 1994. Kuitumaisten lämmöneristeiden pöly työturvallisuusriskinä. VTT tiedotteita 1601. Espoo. VTT.
- Salminen, J. 2009. Pysäytetäänkö ilmastonmuutos energiaa säästämällä vai tuottamalla energia ympäristöä säästäen. Teoksessa Junnila, S. (toim.) Rakentamisen energiatulevaisuus. Helsinki. Edita Prima Oy. Sitran raportteja 84.
- Salo, E. 1991. Pellavantuotannon taloudellisen resurssin muuttuminen Suomessa 1850- luvulta vuoteen 1990. Jyväskylän yliopisto. Suomalainen ja vertaileva kansatiede. Esitelmä.
- Sankari, H. 2001. Johdanto. Tiedotteessa: Kuitupellavan viljely - monipuolistuva kuidun hyödyntäminen lisää korjuuvaihtoehtoja. Forssa. Työtehoseuran maataloustiedote 4/2001 (533).
- Schybergson, P. 1992. Työt ja päivät. Ahlströmin historia 1851- 1981. Vammala. Ahlström?
- Sepa Oy/ Vital Finland. 2011. Valmistajan tuotesivut. [viitattu 17.1.2011]
Saataavana: <http://www.vitalfinland.fi/>
- Seppälä, R. 1982. Pellavan tarina. Tampere. Pellava-Säätiö.
- Seppänen, L. 1999. Keskiaikaiset puurakennukset ja -rakenteet. SKAS 4/1999.
- SFS-EN ISO 14040.2006. Toinen painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS.(verkkajulkaisu] viitattu 23.4.2011. Saataavana: www.sfs.fi. Maksullinen/vaatii lisenssin.
- Shaw, A. J. & Goffinet, B. 2000. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.4.2011]. Bryophyte Biology. Cambridge University Press. Saataavissa: <http://www.scribd.com/doc/8816293/Bryophyte-Biology>
- Siikanen, U. 1994. Rakennusaineoppi. Neljäs muuttamaton painos. Jyväskylä. Rakennustieto.
- Siikonen, H. 1951. Pienviljelijän rakennusoppi. 4. painos. Lahti.

- Simola, E.F. 1933. Pellavan viljelyksestä ja valmistustavoista. Helsinki. Helsingin Uusi Kirjapaino Oy.
- Sjömar, P. 1988. Byggnadsteknik och Timmermankonst. Göteborg: Chalmer tekniska högskola. Göteborg.
- Stocholms läns museum. 2010. [Verkkosivu] [Viitattu 14.10.2010]. Saatavissa: <http://www.stockholmslansmuseum.se/faktabanken/tatning-och-isolering-historik/>
- Sulonen, A. 2009. Sammalen keruu ja käyttö. Tuuma: Rakennusperinteen ystävien lehti. (1).
- Suomen luontoyrittäjyysverkosto ry. 2005. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.10.2010]. Saatavissa: <http://www.luontoyrittaja.net/222.html>
- Termex –Eriste Oy. 2011. Yrityksen verkkosivut. [Viitattu 23.4.2001]. Saatavana: <http://www.termex.fi>
- Troberg, B. 1947. Vuorivanu, uusi kotimainen eristysaine. Rakennustaito 12. 42. vuosikerta. Rakentajain aikakauslehti.
- Ulvinen, T. & Syrjänen, K. 2009. Suomen sammalten levinneisyys eliömaakunnissa. [Teoksen verkkoversio .pdf] Suomen ympäristökeskus. [Viitattu: 12.12.2010]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=322045&lan=fi>
- Ulvinen, T., Syrjänen, K & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet - levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. [Teoksen verkkoversio (pdf.)] Suomen ympäristökeskus. [Viitattu: 12.12.2010]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=62751&lan=FI>
- Urbans, R. 1956. Tampereen pellava- ja rautateollisuus osake-yhtiö. Helsinki. Söderström & C:o.
- Valonen, N. 1977. Puurakennustemme historiaa Seurasaaren ulkomuseon valossa: Puurakennukset; Historia, tutkimus ja suojelu. Helsingin yliopiston kansatieteen laitoksen toimitteita 3. Vammala: Helsingin yliopisto.
- Valonen, N. 1984. Asuminen talonpoikaistalossa keskiaikana: Historiallisen ajan arkeologia Suomessa. Turun maakuntamuseon raportteja 6. Turku.
- Vanhatalo, M. Kuidut ja langat. Pellavakuidun rakenne. [verkkosivut]. VirtuaaliAMK. [Viitattu 12.4.2011]. Saatavana: <http://www.amk.fi/opintojaksot/030507/1086702266491/1146637794621/1146641094110/1146641256024.html>

- Vertanen, S. 1993. Elinkaarianalyysi ja pakkaukset. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A, 154.
- Vilkuna, A. 1960. Suomalaisen karjasuojan vaiheita. Kansantieteellinen arkisto 14:1. Helsinki: Suomen muinaismuistoyhdistys.
- Vilppunen, P. 2011. DI. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Virrankoski, P. 1959. Suomen varhaiskantainen salaojitus. Suomen Museo LXVI.
- VirtuaaliKylä. 2011. Opetusmaatilat. Ohjemappi. [verkkosivut]. [viitattu: 12.4.2001].
Saatavana:
http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/index.php?tila_id=1&ohjemappi&kategoria_id=288&kortti=1610
- Vuorela, T. 1981. Kansanperinteen sanakirja. Toinen painos. Porvoo. WSOY.
- Vuorinen, J-M. 2009. Rakennukset ja rakentajat Raision Ihalassa rautakauden lopulla ja varhaisella keskiajalla. Turun yliopisto. Turku: Painosalama Oy.
- Vuolle-Apiala, R. 2010. Hirsityöt. 6. painos. Vantaa: Moreeni.
- Ympäristöministeriö. 2010. Jokamiehen oikeudet. [.pdf] [viitattu 10.01.2010].
Saatavana: www.ymparisto.fi/jokamiehenoikeudet